



TESIS - TE142599

**ESTIMASI TEBAL KULIT PADA TITIK
ANTROPOLOG BERBASIS CITRA CT TENGGORAK
MANUSIA MENGGUNAKAN *INTERPOLASI*
*LAGRANGE***

CATUR LEGA WIBISONO
2214 206 004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.
Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TESIS - TE142599

**ESTIMASI TEBAL KULIT PADA TITIK ANTROPOLOG
BERBASIS CITRA CT TENGGORAK MANUSIA
MENGUNAKAN *INTERPOLASI LAGRANGE***

CATUR LEGA WIBISONO
2214206004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.
Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSITITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TESIS - TE142599

**ESTIMATION OF SKIN THICKNESS ON ANTROPOLOG
POINTS BASED ON SKULL CT IMAGE USING
*LAGRANGE INTERPOLATION***

CATUR LEGA WIBISONO
2214206004

SUPERVISORS

Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.
Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT

MASTER PROGRAM
TELEMATICS
DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSITITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan tesis saya dengan judul “**ESTIMASI TEBAL KULIT TITIK ANTROPOLOG BERBASIS CITRA CT TENGGORAK MANUSIA MENGGUNAKAN *INTERPOLASI LAGRANGE***” adalah benar-benar karya intelektual sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun yang dirujuk sudah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata surat pernyataan ini tidak benar saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 14 Januari 2017

Catur Lega Wibisono

NRP. 221420600

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Catur Lega Wibisono

NRP. 2214206004

Tanggal Ujian : 6 Januari 2017

Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui oleh :

1. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.
NIP. 19680601 199512 1 009

(Pembimbing I)

2. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.
NIP. 19690730 199512 1 001

(Pembimbing II)

3. Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.
NIP. 19651014 199002 1 001

(Penguji)

4. Dr. Istas Pratomo, ST., MT.
NIP. 19790325 200312 1 001

(Penguji)

5. Dr. Diah Puspito Wulandari, ST., M.Sc.
NIP. 19801219 200501 2 001

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana
Asisten Direktur

Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng.
NIP. 19611021 198603 1 001

Direktur Program Pasca Sarjana,

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19601202 198701 1 001

Estimasi Tebal Kulit Pada Titik Antropolog Berbasis Citra CT Tengkorak Manusia Menggunakan Interpolasi Lagrange

Nama Mahasiswa : Catur Lega Wibisono
NRP : 2214206004
Pembimbing : 1. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST. MT.
2. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST. MT.

ABSTRAK

Penelitian ini berkaitan dengan merekonstruksi wajah manusia dengan menggunakan komputerisasi dalam bentuk 2D yang bertujuan mengidentifikasi dan merestorasi wajah pada tengkorak, dalam upaya mencapai kemiripan dengan seseorang ketika hidup dengan berdasar pada citra CT 2D. Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari rekonstruksi komputerisasi dibandingkan dengan rekonstruksi tanah liat adalah kecepatan dalam mengedit bila ada tambahan informasi, hasil gambar beserta datanya dapat disimpan dan dapat dilakukan rekonstruksi berulang bila diperlukan. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran panjang titik – titik antropolog antara tulang tengkorak dan kulit luar manusia untuk mendapatkan panjang secara cepat dan akurat dengan berdasar pada citra CT sagital manusia. Metode yang digunakan adalah Interpolasi Lagrange dimana metode ini dapat digunakan untuk mendapatkan titik baru berdasarkan titik / data yang sudah ada. Beberapa bagian penelitian ini yaitu penyiapan data, Interpolasi Lagrange, pengujian data dan hasil pengujian. Rata akurasi yang dihasilkan oleh metode interpolasi lagrange orde 1 sebesar 81% dan menggunakan interpolasi lagrange orde 2 sebesar 78%

Kata kunci—rekonstruksi wajah; titik antropolog; interpolasi lagrange; citra CT 2D

The Estimation of Skin Thickness on Antropolog Points Based on Skull CT Image Using Lagrange Interpolation

By : Catur Lega Wibisono
Student identity Number : 2214206004
Supervisor : Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST. MT.
Co-supervisor : Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST. MT.

ABSTRACT

This research is dealing with reconstruction of a human face by using computerized in 2D, it aimed at identifying and restore the face of the skull, in an effort to achieve a resemblance to someone when lives are based on an image of a 2D CT. Some of the advantages that can be obtained from a computerized reconstruction compared to the reconstruction of the clay are in the speed of editing. When there is additional information, the picture and its data can be stored and repeated reconstruction can be done when it is necessary. In this research, measuring the thickness of Antropolog points between the skull and the outer skin of a human face is to get the thickness quickly and accurately. The method used is the Lagrange Interpolation where this method can be used to get a new value from data in the range that already exists. Some parts of this research is data preparation, testing data with lagrange interpolation and test results. Average Average accuracy lagrange interpolation method first order is 81% and using lagrange interpolation second order is 78%.

Keywords—Face reconstruction; Antropolog point; Lagrange interpolation; CT 2D image

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji dan rasa syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “ESTIMASI TEBAL KULIT PADA TITIK ANTROPOLOG BERBASIS CITRA CT TENGGORAK MANUSIA MENGGUNAKAN INTERPOLASI LAGRANGE” dengan baik. Shalawat serta keselamatan tetap tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Keterbatasan kemampuan penulis dalam mengerjakan tesis ini tidak terlalu menghambat penyelesaian penelitian karena begitu banyak perhatian dan bantuan dari rekan-rekan, para dosen, dan kerabat yang dengan ikhlas meluangkan waktu dan pikirannya untuk membantu penulis. Beberapa pihak yang penulis sebutkan berperan besar dalam penyusunan tesis ini. Terima kasih penulis ucapkan terutama untuk:

1. Allah SWT, yang selalu memberikan Hidayah dalam hidup hambamu ini .
2. Pembimbing pertama saya Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST, MT. yang banyak memberikan pengetahuan, dukungan dan arahan selama ini.
3. Pembimbing kedua saya Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST. MT. yang selalu memberikan bimbingan dan arahan selama ini.
4. Kepada Pak Rudiansyah yang memberikan bantuan moril dan materiil selama ini.
5. Kepada orang tua saya Koeswo Sasmito dan Endang Titik Mulyani dan Bapak Danun Al Bagio serta Ibu Tasminem yang senantiasa mendukung dan medoakan penulis dalam mengerjakan penelitian ini.
6. Istri saya tercinta Lina Alfiana yang telah menemani, mendukung saya baik moril dan materiil selama ini.
7. Anak ku Sharfan Al Nazhari Aufar, maafin papa ya nak sering ditinggal.
8. Seluruh kakak dan adik Mas Nikko, Mbak Nana, Mbak Reni, Mbak Iin dan adik Moch. Yusuf dan Lutfiana Esti T. Serta keponakan-keponakan yang lucu-lucu Rayhan, Arya dan Dika.

9. Teman-teman Telematika Angkatan 2014, teman-teman Lab. Computer Vision, Joko Priambodo, Fawaidul Badri, Oddy, Awang, Faisal, Nia dll.
10. Semua dosen dan staff Jurusan Teknik Elektro ITS.
11. Pihak-pihak yang telah banyak membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa hasil karya ini sangatlah jauh dari sempurna. Walaupun penulis menganggapnya sebagai pencapaian yang luar biasa tapi tentulah masih banyak kekurangan yang dapat dikoreksi oleh pihak lain. Kritik, saran, maupun studi lebih lanjut dari topik yang penulis sajikan sangat membuat penulis bahagia.

Surabaya, 14 Januari 2017
Penulis,

Catur Lega Wibisono
NRP. 2214206004

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Tulang Tengkorak Manusia	7
2.1.1 Tengkorak Laki-laki	8
2.1.2 Tengkorak Perempuan	8
2.2 Citra CT Kepala Manusia	9
2.3 Citra Digital	12
2.4 Jenis-jenis Citra Digital	12
2.4.1 Citra berwarna	12
2.4.2 Citra berwarna keabuan.....	13
2.4.3 Citra Biner	13
2.5 Konversi Citra	13
2.5.1 Konversi Citra dari RGB ke Grayscale	14
2.6 Normalisasi	14
2.7 Contrast Stretching	15
2.8 Deteksi Tepi.....	16
2.9 Titik-titik Antropolog	17
2.10 Titik Antropolog Bagian Hidung	19

2.11 Interpolasi Lagrange	20
2.12 Penghitungan Sudut Kemiringan	23
2.13 Evaluasi Penghitungan	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Data Citra CT Kepala	28
3.1.1 Preprocessing.....	29
3.1.1.1 Normalisasi	30
3.1.1.2 Grayscale	31
3.1.1.3 Contrast Streeching	31
3.1.1.4 Deteksi Tepi	32
3.2 Ekstraksi Titik Antropolog pada Kulit dan Tengkorak	33
3.3 Penempatan Titik Antropolog pada Tengkorak.....	34
3.4 Pengukuran Tebal dan Panjang Titik Antropolog	35
3.5 Pengukuran Sudut Jarak Antara Titik Antropolog	36
3.6 Interpolasi Lagrange	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Persiapan Data	39
4.2 Penempatan Titik Antropolog pada Kulit	43
4.3 Penempatan Titik Antropolog pada Tengkorak	44
4.4 Pengukuran Tebal dan Panjang titik Antropolog	44
4.5 Besar Sudut jarak Titik Antropolog	48
4.6 Intepolasi Lagrange orde 1	50
4.7 Intepolasi Lagrange orde 2	53
4.8 Estimasi Tebal dengan Interpolasi Lagrange orde 1	55
4.9 Estimasi Besar Sudut dengan Interpolasi Lagrange orde 1	58
4.10 Implementasi Tebal dan Besar Sudut Interpolasi Lagrange orde 1	61
4.11 Estimasi Tebal kulit titik Antropolog dengan menggunakan Interpolasi Lagrange orde 2	63
4.12 Estimasi Besar Sudut dengan Interpolasi Lagrange orde 2	65
4.13 Implementasi Tebal dan Besar Sudut interpolasi Lagrange orde 2	68
BAB V KESIMPULAN DAN PENELITIAN LANJUTAN	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Penelitian Selanjutnya	71

DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tulang tengkorak manusia	7
Gambar 2.2 Tengkorak Laki-laki & Perempuan	8
Gambar 2.3 CT Scan Siemens Somatom 6	9
Gambar 2.4 Beberapa model irisan citra CT kepala	11
Gambar 2.5 Representasi 3 Dimensi nilai Citra Grayscale	13
Gambar 2.6 Contrast Stretching pada Citra	16
Gambar 2.7 Perbedaan tipe Deteksi Tepi.....	17
Gambar 2.8 Matriks 3x3 pada area image	17
Gambar 2.9 Titik-titik Antropolog	18
Gambar 2.10 Pengukuran pada bagian Hidung	19
Gambar 2.11 Ketebalan titik Antropolog dari ras Eropa	20
Gambar 2.12 Interpolasi Polinomial $Q(x)$	21
Gambar 2.13 Interpolasi Polinomial orde 4, 3, 2, 1	23
Gambar 2.14 Sudut θ dalam bidang	24
Gambar 3.1 Blok Diagram metodologi Penelitian	27
Gambar 3.2 Citra CT Kepala Sagital.....	29
Gambar 3.3 Diagram Blok persiapan data	29
Gambar 3.4 Citra CT beragam ukuran	30
Gambar 3.5 Citra CT sebelum di <i>Contrast Stretching</i>	32
Gambar 3.6 Operator Sobel	33
Gambar 3.7 Pengukuran panjang antara 2 Koordinat	35
Gambar 3.8 Besar sudut θ pada titik Antropolog	36
Gambar 4.1 Normalisasi citra CT Kepala.....	39
Gambar 4.2 Citra CT RGB	40
Gambar 4.3 Citra CT hasil <i>Grayscale</i>	41
Gambar 4.4 Citra sebelum di <i>Contrast Stretching</i>	41
Gambar 4.5 Citra CT hasil <i>Contrast Stretching</i>	42
Gambar 4.6 Hasil Citra hasil Deteksi Tepi	43
Gambar 4.7 Penempatan titik Cephalometric pada kulit tengkorak	43
Gambar 4.8 Penempatan titik pada tengkorak	44
Gambar 4.9 Grafik tebal rata-rata dan Standar Deviasi	46
Gambar 4.10 Grafik rata-rata dan standar deviasi besar sudut data.....	50

Gambar 4.11 Kurva estimasi tebal dengan interpolasi lagrange orde 1	56
Gambar 4.12 Grafik besar sudut dengan Interpolasi Lagrange orde 1	58
Gambar 4.13 Kurva perbandingan tebal antara citra asli dan dengan interpolasi lagrange orde 1	61
Gambar 4.14 Impelmentasi Citra CT asli	62
Gambar 4.15 Impelementasi Citra CT dengan interpolasi lagrange orde 1	62
Gambar 4.16 Kurva Interpolasi Interpolasi Lagrange orde 2	63
Gambar 4.17 Grafik besar sudut data dengan Interpolasi Lagrange orde 2	65
Gambar 4.18 Impelementasi Citra CT asli	69
Gambar 4.19 Impelementasi Citra CT dengan Interpolasi Lagrange orde 2	69
Gambar 4.20 Kurva perbandingan tebal antara citra asli dan dengan interpolasi lagrange orde 2	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Warna dan nilai penyusun warna	12
Tabel 4.1 Ketebalan titik Antropolog	45
Tabel 4.2 Panjang Titik Antropolog	47
Tabel 4.3 Panjang titik Antropolog setelah dinormalisasi	48
Tabel 4.4 Besar sudut pada tiap titik Antropolog	49
Tabel 4.5 Hasil tebal titik Antropolog dengan interpolasi lagrange orde 1	56
Tabel 4.6 Selisih antara tebal sesungguhnya dengan tebal dengan interpolasi lagrange orde 1	57
Tabel 4.7 Akurasi Interpolasi Lagrange orde 1	58
Tabel 4.8 Besar sudut dengan menggunakan interpolasi Lagrange orde 1	59
Tabel 4.9 Selisih besar sudut antara ukuran sebenarnya dengan interpolasi Lagrange orde 1	60
Tabel 4.10 Akurasi besar sudut	60
Tabel 4.11 Tebal antara citra asli dengan tebal dengan tebal dengan estimasi dengan interpolasi lagrange orde 1	61
Tabel 4.12 Estimasi tebal titik Antropolog dengan interpolasi lagrange orde 2	64
Tabel 4.13 Selisih tebal antara tebal sesungguhnya dan tebal dengan metode interpolasi lagrange orde 2	64
Tabel 4.14 Akurasi Interpolasi Lagrange orde 2	65
Tabel 4.15 Besar sudut dengan menggunakan Interpolasi Lagrange orde 2	66
Tabel 4.16 Selisih besar sudut antara ukuran sebenarnya dan dengan metode interpolasi Lagrange	67
Tabel 4.17 Akurasi Besar sudut dengan Interpolasi Lagrange orde 2	68
Tabel 4.18 Tebal antara citra asli dengan estimasi dengan interpolasi Lagrange orde 2	70
Tabel 4.19 Hasil estimasi tebal dan besar sudut dengan interpolasi lagrange ...	70

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam merupakan peristiwa yang tidak diharapkan oleh setiap orang sebab fenomena ini merupakan aktivitas alam yang tidak dapat diciptakan oleh manusia dan sekaligus tidak dapat di hentikan oleh manusia. Di negara kepulauan seperti indonesia yang dikelilingi oleh lautan tidak menutup kemungkinan untuk terjadi bencana alam seperti gempa dan tsunami. Sediment analysis and hydrodynamic simulation mengindikasikan bahwa tsunami dipicu oleh gempa berkekuatan 8,3 tersebar lebih dari 4 km pedalaman pantai (Minoura et al. 2001). Setelah terjadi bencana biasanya ada beberapa mayat yang baru ditemukan beberapa minggu, sehingga terkadang jaringan kulit hilang, sehingga sulit untuk mengenali mayat tersebut. Dalam ilmu kedokteran hukum dan forensik identifikasi wajah manusia dari tengkorak adalah proses penting, khususnya bila tidak ada sarana lain yang tersedia, metode yang selama ini dipakai menggunakan tanah liat untuk menghasilkan wajah manusia sehingga dapat mengidentifikasi seseorang (Pascual et al. 2011). Teknik manual biasanya dimulai dari memasang pasak sesuai dengan kedalaman jaringan lunak di tengkorak atau replika tengkorak, tengkorak kemudian ditutup dengan tanah liat sampai pasak benar-benar tersembunyi (Romeiro et al. n.d.). Semua panjang pasak sudah ditentukan dari tabel nilai rata-rata berdasarkan kelompok anatomi seseorang berdasar etnis, jenis kelamin dan usia (C. Wilkinson 2010). Selain itu data-data seperti Ante mortem sangat diperlukan dalam melakukan proses identifikasi. Ante mortem adalah data diri korban sebelum meninggal dunia. Data-data ini dapat diperoleh melalui keluarga atau kerabat dekatnya. Metode pengumpulan data ante mortem biasanya dilakukan dengan 2 metode, metode sederhana dan metode ilmiah. Metode sederhana biasanya akan dilakukan pengumpulan ciri-

ciri fisik, perhiasan dan pakaian yang dipakai sebelumnya, serta foto dokumentasi. Metode ilmiah biasanya dilakukan dengan pengumpulan data mengenai sidik jari, rekam medis, cairan tubuh seperti darah, air mani, air liur, keringat, dan kotoran di tempat kejadian perkara, ordontologi (gigi), antropologi, biologi. Sidik jari ante mortem dapat diperoleh melalui data pribadi yang dimiliki seperti KTP, Ijazah, SIM atau yang lainnya. Jika individu pernah mencetak gigi, misalnya untuk perawatan ortodonsi, di sana tercetak dental traits masing-masing gigi. Jika keseluruhan gigi satu individu diamati bersama-sama, ada kekhasan individu yang setara dengan identifikasi menggunakan sidik jari. Jika korban di-X-ray, berdasar tengkoraknya bisa dibentuk gambar wajahnya dengan baik melalui software khusus atau dengan cara "tradisional", yaitu menggambar dengan teknik 2D. Sketsa kepala dan wajah itu berdasar pada bentuk neurocranium dan splanchnocranium. Jika metode tadi tidak dapat dilakukan, maka akan dilakukan metode yang lebih ilmiah, yakni pemeriksaan DNA. DNA ante mortem dapat diambil dari keluarga ataupun saudara kandung terdekat. Pasien dengan kondisi medis atau obat yang dapat mempengaruhi wajah jaringan dikeluarkan dari penelitian dan data yang digunakan pada penelitian (Karttunen²) n.d.) mempunyai ketentuan berat badan normal dan dibedakan jenis kelaminnya adapun ketentuan berat badan normal ditentukan dengan indeks massa tubuh (berat badan dalam kilogram dibagi dengan kuadrat tinggi dalam meter). Seseorang dianggap berat badan normal, ketika indeks massa tubuh turun antara 18-25. Berdasarkan penelitian (A. Weidenbusch¹), Th. Fuchs²), D. Bellmann¹), J. Haber²) n.d.) bahwa pengukuran jarak antara kulit dan tulang tengkorak adalah mungkin. Panjang mereka pasak ditentukan oleh tabel dengan nilai rata-rata anatomi bagi seseorang yang termasuk kelompok etnis, jenis kelamin dan usia (Romeiro et al. n.d.)

Pada penelitian kali ini gambar atau citra sebagai data terdiri dari 15 citra CT dalam posisi sagital dengan rincian 5 digunakan sebagai gambar training dan 10 sebagai gambar testing. Selanjutnya, pada tahap pengukuran pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan menggunakan jarak dua buah titik dan diperoleh hasil dengan satuan piksel kemudian dipindah ke satuan mm

(milimeter) . Tahapan yang terakhir yaitu pengujian data dimana tujuannya yaitu membandingkan antara jarak baru yang didapat dari hasil interpolasi lagrange dengan jarak sebenarnya kemudian dilakukan analisa keakuratan interpolasi lagrange dalam menentukan titik baru berdasarkan data yang sudah ada. Pada penelitian kali ini data citra CT yang diperoleh dibatasi pada umur, jenis kelamin dan ras karena tiap daerah bisa berbeda dari segi bentuk maupun tebal kulit tengkorak.

1.2 Rumusan Masalah

Rekontruksi wajah dalam dunia forensik, pengukuran tebal titik antropolog sebelumnya dengan menggunakan standart tiap individu berdasarkan umur dan jenis kelamin, sementara tebal dan panjang tiap titik antropolog tiap orang berbeda-beda

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah

1. Pengukuran tebal titik antropolog dengan 11 titik pada wajah manusia.
2. Dasar pengukuran titik antropolog menggunakan citra CT tengkorak dengan posisi sagital 2D.
3. Citra CT tengkorak manusia dikelompokkan berdasarkan umur dan jenis kelamin.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengestimasi tebal permukaan tengkorak dengan menggunakan metode Lagrange secara 2D.

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Membantu pada ahli forensik dalam merekonstruksi wajah seseorang agar dapat dikenali.

1.5 Sistematika Penelitian

Berdasarkan isinya, laporan pada buku tesis ini dibagi kedalam lima bab yaitu Pendahuluan, Kajian Pustaka dan Dasar Teori, Metodologi Penelitian, Hasil dan Analisis Data, dan Penutup. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman tentang tesis ini maka diberikan sistematika penulisan laporan tesis sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Sebagai pengantar, Bab ini memberikan deskripsi secara singkat latar belakang penelitian, metode beserta permasalahan yang diangkat, tujuan yang menjadi sasaran penelitian dan batasan masalah.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini berisi penjelasan kajian pustaka dan dasar teori yang berkaitan tentang penelitian yaitu data citra CT 2D dengan posisi sagital, penempatan titik-titik Antropolog sebagai fitur wajah, metode interpolasi lagrange, pengukuran 2 koordinat dengan euclidian distance dan penentuan sudut pada titik antropolog baik yang bersumber dari publikasi ilmiah maupun buku yang berkaitan dengan materi penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi uraian mengenai metodologi penelitian yang digunakan dalam melakukan kegiatan penelitian. Secara garis besar alur dari pemrosesan citra sampe tahap pengukuran dijabarkan pada bab ini.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS DATA

Bab ini berisi uraian mengenai pengujian dari riset yang dilakukan, hasil analisa dan survey untuk memastikan keberhasilan yang dicapai.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan kesimpulan keseluruhan hasil penelitian beserta rencana penelitian selanjutnya yang diperlukan untuk pembahasan penelitian ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tulang Tengkorak Manusia

Tengkorak dibentuk oleh tulang-tulang yang saling berhubungan satu sama lain dengan perantaraan sutura. Tulang tengkorak pada manusia terdiri dari tiga lapisan yaitu tabula eksterna, diploe dan tabula interna. Pada orang dewasa rata-rata ketebalan dari tulang tengkorak bervariasi antara 3 milimeter sampai dengan 1,5 centimeter dan juga beragam bentuk, dengan bagian yang paling tipis terdapat pada daerah pterion dan bagian yang paling tebal pada daerah protuberantia eksterna. Tulang tengkorak pada manusia dibagi menjadi dua bagian yaitu Neurocranium (tulang-tulang yang membungkus otak) dan Viscerocranium (tulang-tulang yang membentuk wajah). Neurocranium terdiri atas tulang-tulang pipih yang berhubungan satu dengan yang lain (Maas 2004).



Gambar 2.1 Tulang tengkorak manusia (Abate et al. 2004).

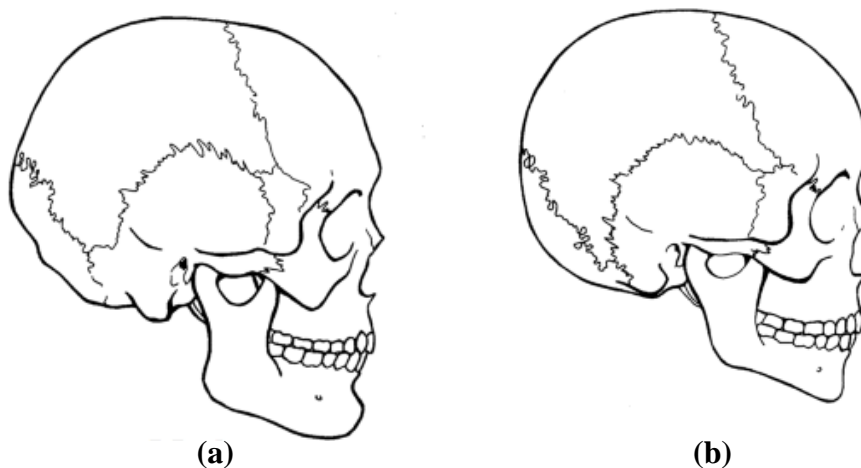
Pada gambar 2.1 gambar tulang tengkorak manusia tengkorak yang sudah tidak ada jaringan lunaknya. Pada penelitian ini berfokus pada pengukuran titik jarak dan tebal titik-titik antropolog pada manusia.

2.1.1 Tengkorak Laki – laki

Dalam menentukan jenis kelamin pada tengkorak ada beberapa ciri khusus antara tengkorak laki – laki dan perempuan. Perbedaan tulang tengkorak antara laki-laki dan perempuan dewasa secara umum lebih mudah terlihat. Sebagian besar tengkorak laki – laki secara proporsional lebih besar dan menonjol dari perempuan ini dikarenakan tulang mandibula pada laki-laki lebih besar dan kuat daripada perempuan (Taylor 2000). Tengkorak laki-laki berukuran lebih besar, lebih berat, dan memiliki kapasitas cranial yang lebih besar dibandingkan perempuan. Sedangkan tengkorak perempuan berukuran lebih kecil dan halus, serta puncak kepala berbentuk lebih bulat dibandingkan laki-laki. Gambar tengkorak laki-laki ditunjukkan pada gambar 2.2(a).

2.1.2 Tengkorak Perempuan

Pada tengkorak wanita terlihat lebih lembut dan biasanya keseluruhan lebih kecil dari laki-laki. Sebagian besar secara proposional bentuk tengkorak lebih kecil dari laki-laki dikarenakan mandibula lebih kecil dan lebih lemah. Dahi wanita pada umumnya lebih tegak dan halus dalam penampilan. Gigi sering terlihat lebih kecil , dan sedikit terdapat lemak yang menutupi otot wajah sehingga membuat wajah lebih lembut dan lebih lengkung (Taylor 2000). Gambar tengkorak perempuan ditunjukkan pada gambar 2.2(b)



Gambar 2.2 (a). Tengkorak laki-laki, (b) Tengkorak perempuan

2.2 Citra CT Kepala Manusia

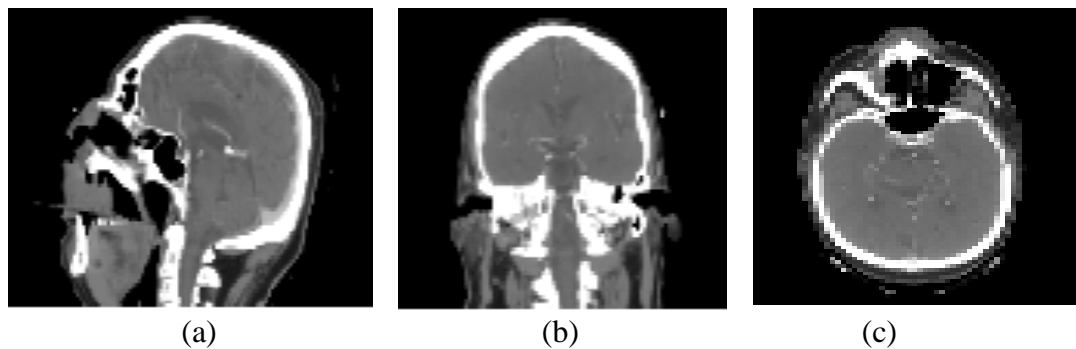
Di dalam perkembangan teknologi yang sangat pesat sekarang ini terlebih dalam di bidang biomedik menyebabkan tingginya kebutuhan akan permintaan terutama dalam bidang kedokteran citra digital sehingga akan menyebabkan permintaan akan citra digital dalam penanganan kesehatan. Di dalam bidang kedokteran, citra digital yang dipergunakan untuk keperluan diagnosa organ tubuh manusia yaitu citra CT (Computed Tomography). Citra CT dengan format standard DICOM (Digital Imaging dan Communications in Medicine). Format DICOM yaitu standar penanganan untuk menyimpan, mencetak, dan mengirimkan informasi dalam pencitraan medis. Computed Tomography (CT) atau juga dikenal dengan Computed Assisted Tomography / Computerized Axial Tomography (CAT), merupakan suatu modalitas yang memberikan informasi anatomi atau struktural dari seorang pasien. Prinsip fisika pada CT Scan meliputi proses akuisisi data, pengolahan data, rekontruksi citra, penyimpanan dan dokumentasi (Siwi et al. 2012).



Gambar 2.3 CT Scan Siemens Somatom 6 (Siwi et al. 2012)

Pemindai CT atau CT Scanner dapat menghasilkan lebih dari 100 irisan gambar yang berukuran 512 x 512 dengan tebal irisan yaitu sekitar 0.5-10 mm. Cara kerja CT Scanner menggunakan penyinaran khusus yang dihubungkan dengan komputer berdaya tinggi yang berfungsi memproses hasil scan untuk mendapatkan gambaran panampang-lintang dari badan seorang pasien. Tata cara pasien dibaringkan diatas suatu meja khusus yang secara perlahan-lahan berjalan ke dalam cincin CT Scan. Scanner kemudian berputar mengelilingi pasien tersebut pada saat pengambilan sinar rontgen. Lama waktu yang biasanya digunakan sampai seluruh proses scanning selesai memakan dari 45 menit sampai 1 jam, tergantung pada jenis CT scan yang digunakan. Proses scanning ini tidak menimbulkan rasa sakit pada pasien . Etika sebelum dilakukan scanning pada seorang pasien, pasien disarankan untuk tidak makan atau minum cairan tertentu selama 4 jam sebelum melakukan proses scanning. Tergantung pada macam prosedur, dan juga ada pula prosedur scanning yang mewajibkan pasien untuk meminum suatu cairan kontras yang mana digunakan untuk melakukan proses scanning agar terlihat kontras pada hasilnya khususnya untuk daerah perut. Dalam bidang kedokteran, kebanyakan citra CT dipergunakan untuk mendiagnosa penyakit pasien dalam tubuh. Citra CT merupakan hasil dari hasil proses digitalisasi foto CT dengan menggunakan scanner. Citra CT perlu disimpan agar dapat digunakan sewaktu waktu untuk keperluan di masa yang akan datang seperti dokumentasi pasien, sebagai riwayat penyakit pada pasien dan bisa jadi pembelajaran bagi dokter maupun mahasiswa sehingga Citra CT perlu diolah dan disimpan untuk keperluan di masa yang akan datang pada saat dibutuhkan.

Computer Tomography (CT) Scanner merupakan suatu alat kedokteran dengan teknik radiografi yang menghasilkan citra atau gambar potongan tubuh secara melintang berdasarkan penyinaran sinar-x pada irisan tubuh yang ditampilkan layar monitor. CT Scan sebagai alat penunjang diagnosa yang mempunyai aplikasi yang fleksibel untuk memeriksa seluruh organ dalam tubuh manusia, seperti susunan saraf pusat kepala, otot dan tulang tangan atau kaki, dalam tenggorokan, hingga rongga dalam perut.



Gambar 2.4 Beberapa model irisan citra CT kepala (a) model sagital (b) model coronal (c) model axial (Arbisser et al. 2012).

Pada gambar 2.4 ditunjukkan beberapa contoh model irisan citra CT, model axial dimana irisan ini memotong antara kepala bagian atas dan bawah, model irisan sagital yaitu irisan yang memotong bagian kepala antara bagian kanan dan kiri dan model irisan coronal dimana model irisan yang memotong antar bagian kepala dari bagian depan (muka) dan bagian belakang.

Dalam dunia kedokteran pencitraan medis bertujuan untuk menghasilkan citra atau gambar dari sebagian atau keseluruhan dari bagian dalam tubuh manusia untuk kepentingan diagnosa medis seperti pemeriksaan medis dan diagnosa suatu penyakit atau digunakan dalam kepentingan ilmu kedokteran seperti anatomi dan fisiologi tubuh. Modality adalah suatu jenis scanner yang digunakan untuk menghasilkan citra medis. Terdapat beberapa jenis tipe scanner modality yang digunakan untuk menghasilkan citra medis. Dalam dunia kedokteran sebelum ada CT Scan untuk mendapatkan gambar X ray yang diambil dari mesin yang bernama Rontgen. Fungsi Rontgen dan CT Scan adalah suatu alat pendeteksi yang sudah tidak asing dalam dunia kedokteran, CT Scan dan Rontgen sama – sama menggunakan sinar X. Perbedaannya pada foto rontgen, benda dalam bentuk tiga dimensi dijadikan gambar dua dimensi (satu sisi pandang), sedangkan pada CT Scan, benda tiga dimensi yang ‘isinya’ kemudian ‘dipotong-potong’ (cross-sectional) maksudnya dipotong potong itu untuk mendapatkan gambaran organ pada tubuh dalam bentuk sayatan yang tipis, sehingga kelainan yang terjadi pada organ tubuh pasien tersebut dapat terlihat dengan jelas dan pemakaian antara

keduanya itu tergantung tujuan hasil pemeriksaan dan diagnosa yang diinginkan. Sehingga CT Scan dan rontgen keduanya memiliki keunggulan masing masing.

2.3 Citra Digital

Citra digital merupakan kumpulan dari titik-titik yang dinamakan piksel. Setiap titik digambarkan sebagai satu kotak kecil dan mempunyai koordinat posisi (Abdul & A. 2012). Satu buah piksel mempunyai sebuah koordinat (x, y) dimana x menjelaskan posisi kolom dan y posisi menjelaskan pada posisi baris. Sebuah citra digital dapat dianggap sebagai representatif diskrit data yang mempunyai kedua spasial (tata letak) dan intensitas warna (Chris & Toby 2011).

2.4. Jenis – jenis Citra

Dalam pengolahan citra ada 3 jenis citra yang umum digunakan, yakni citra berwarna, citra berskala keabuan dan citra biner (Abdul & A. 2012).

2.4.1 Citra berwarna

Citra berwarna merupakan jenis citra yang terdiri dari warna dalam bentuk komponen R (merah), G (hijau), dan B (biru). Setiap komponen warna memiliki 8 bit warna (nilainya berkisar antara 0-255), oleh karena itu kemungkinan warna yang dihasilkan mencapai $255 \times 25 \times 255$ atau 16.581.375 warna. Pada tabel 2.1 ditunjukkan piksel dari tiap – tiap warna.

Tabel 2.1 Warna dan Nilai Penyusun Warna (Purnomo Hery & Muntasa 2010).

No	Red	Green	Blue	Warna
1	255	0	0	Red
2	0	255	0	Green
3	0	0	255	Blue
4	0	0	0	Black
5	255	255	255	White
6	255	255	0	Yellow
7	0	255	255	Cyan
8	255	0	255	Magenta

2.4.2 Citra Berwarna Keabuan

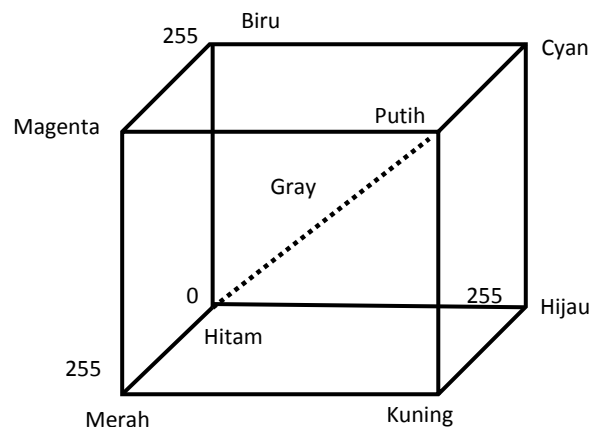
Citra jenis ini mempunyai gradasi warna hitam dan putih yang tentu saja menghasilkan efek warna abu-abu. Pada jenis citra ini, warna dinyatakan dengan intensitas. Intensitas warna pada citra ini antara 0 sampai 255. Nilai 0 menyatakan hitam dan nilai putih dinyatakan 255.

2.4.3 Citra Biner

Citra biner adalah suatu citra yang setiap piksel nya dinyatakan dengan sebuah nilai dari dua kemungkinan yakni 0 dan 1. Nilai 0 menyatakan warna hitam dan nilai 1 menyatakan warna putih. Pada pemrosesan citra, citra biner sering digunakan, misalnya untuk memperoleh tepi dari suatu citra.

2.5 Konversi Citra

Konversi citra berwarna (RGB) ke dalam bentuk citra berskala keabuan (*grayscale*) sering dilakukan dalam pemrosesan citra hal ini dikarenakan banyak operasi dalam pemrosesan citra yang bekerja pada skala keabuan, tetapi terkadang citra keabuan (*grayscale*) juga perlu dikonversikan kedalam citra biner, karena beberapa operasi sering berjalan pada citra biner



Gambar 2.5 Representasi 3 Dimensi Nilai Citra Grayscale (Hery, 2010)

2.5.1 Konversi citra dari RGB ke Greyscale

Proses awal yang sering dilakukan pada image processing adalah mengubah citra berwarna menjadi Grayscale (Wijaya, M. C., & Tjiharjadi 2009). Konversi RGB ke grayscale bisa dilakukan dengan menggunakan transformasi sederhana karena pada dasarnya menyederhanakan (mengurangi) informasi yang ada pada citra. Citra grayscale merupakan citra yang terdiri dari warna hitam, keabuan dan putih. Tingkat keabuan merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga mendekati putih. Citra grayscale memiliki kedalaman warna 8 bit atau 256 kombinasi warna keabuan (Gonzalez & Woods 2002).

Dalam bentuk umum dalam menghasilkan citra greyscale, dilakukan konversi dengan mengambil rata-rata dari nilai R, G dan B sehingga mendapatkan hasil nilai S sebagai nilai greyscale. Menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{(r + g + b)}{3} \quad (2.1)$$

2.6 Normalisasi

Normalisasi adalah suatu proses mengubah ukuran citra menjadi ukuran yang telah ditentukan tanpa menghilangkan informasi penting dari citra tersebut. Dengan adanya proses normalisasi, ukuran semua citra yang akan diproses menjadi seragam. Penyeragaman ukuran data dilakukan untuk mempermudah proses segmentasi. Proses yang digunakan pada normalisasi adalah proses penskalaan citra. Scaling atau penskalaan adalah sebuah operasi geometri yang memberikan efek memperbesar atau memperkecil ukuran citra sesuai dengan variabel penskalaan citra.

Dengan adanya proses normalisasi, ukuran semua citra yang akan diproses menjadi sama baik besar maupun ukurannya. Penyeragaman ukuran data dilakukan untuk mempermudah proses penghitungan. Proses yang digunakan pada normalisasi adalah proses penskalaan citra. Scaling atau penskalaan adalah sebuah operasi geometri yang memberikan efek memperbesar atau memperkecil ukuran citra sesuai dengan variabel penskalaan citra.

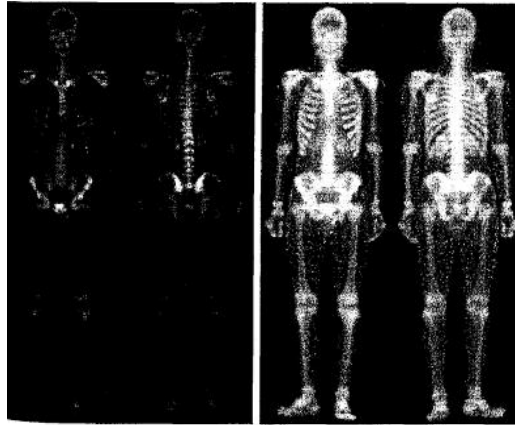
Ukuran citra output dihasilkan melalui perkalian antara ukuran citra input dengan variabel penskalaan seperti yang ditunjukkan pada (Vanezis 2007) Persamaan 2.3 dimana (Iq) yaitu ukuran citra input, (Op) yaitu ukuran citra out- put dan (Sl) yaitu variabel penskalaan yang diinginkan.

$$Oq = Sl \times Iq \quad (2.2)$$

Jika variabel penskalaan bernilai lebih besar dari 1 maka hasil penskalaannya akan memperbesar ukuran citra. Sebaliknya apabila variabel penskalaan lebih kecil dari 1 maka hasilnya akan mengakibatkan ukuran citra output lebih kecil (Gonzalez & Woods 2002).

2.7 Contrast Stretching

Contrast Stretching atau peregangan kontras merupakan salah satu proses perbaikan citra yang bertujuan untuk memperjelas dan mempertajam ciri atau fitur tertentu dari citra sehingga citra lebih mudah dipersepsi maupun dianalisis secara lebih teliti. Contrast stretching adalah teknik yang memperbaiki kontras dengan meningkatkan dynamic range dari nilai intensitas dalam citra. Kontras dalam citra menyatakan distribusi warna terang dan warna gelap. Suatu citra memiliki kontras rendah jika dynamic range-nya sempit dan sebaliknya citra memiliki kontras tinggi jika dynamic range-nya lebar. Dynamic range diukur berdasarkan perbedaan antara nilai intensitas tertinggi dan nilai intensitas terendah yang menyusun piksel-piksel dalam citra (Gonzalez & Woods 2002). Contoh dari proses Contrast Stretching ditunjukkan oleh gambar 2.6.



Gambar 2.6 Contrast Stretching pada Citra (a) Citra sebelum di Contrast Stretching (b) citra setelah di Contrast Stretching (Gonzalez & Woods 2002)

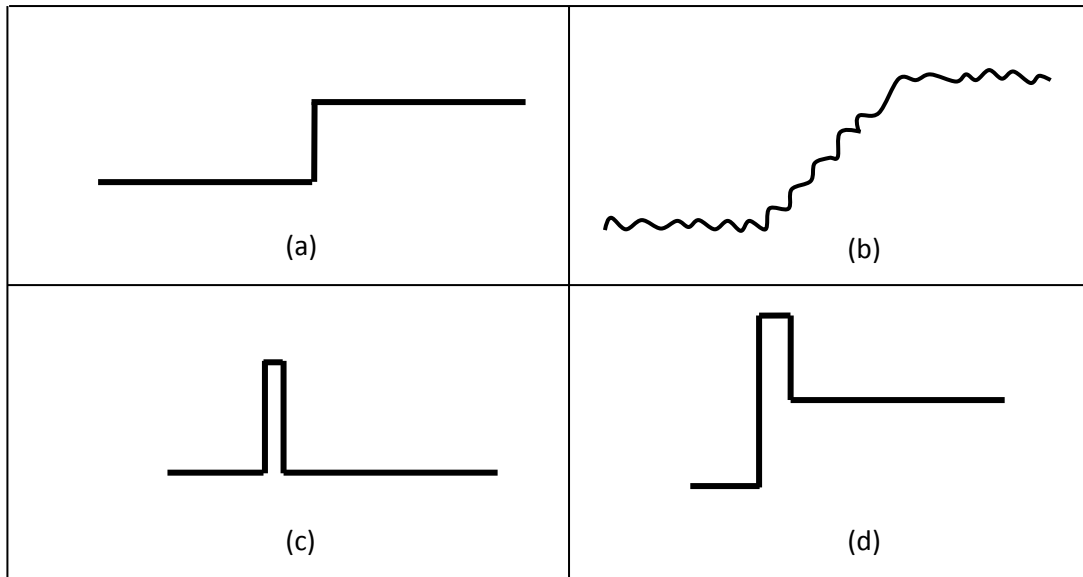
Pada peregangan kontras, setiap piksel pada citra input ditransformasi dengan menggunakan fungsi berikut:

$$S = (r - c) \frac{b - a}{d - c} + a \quad (2.3)$$

Batas bawah dan atas akan disebut a dan b , masing-masing (untuk standar 8-bit gambar grayscale, batas-batas ini biasanya 0 dan 255). Selanjutnya, histogram dari gambar asli diperiksa untuk menentukan batas nilai (= lebih rendah c , atas = d) pada gambar. Nilai asli r dipetakan ke nilai output S .

2.8 Deteksi Tepi

Deteksi tepi merupakan salah satu operasi dasar dalam pemrosesan citra. Tepi adalah batas dari suatu objek. Pada proses klasifikasi citra, deteksi tepi sangat diperlukan sebelum pemrosesan segmentasi citra. Batas objek suatu citra dapat dideteksi jika perbedaan tingkat keabuannya. Ada empat macam tipe tepi objek, diantaranya step, ramp, line dan step line. (Acharya, T., Ray 2005)



Gambar 2.7 Perbedaan tipe deteksi tepi (a). Step (b). Ramp (c). Line (d). Step Line (Acharya, T., Ray 2005)

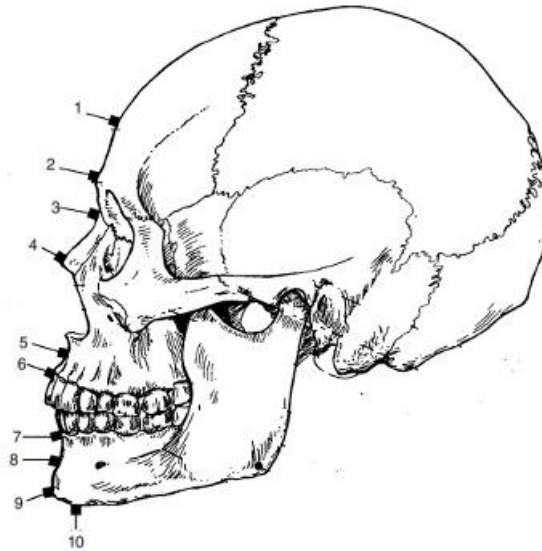
Menurut Hambali (Yudi Ahmad Hambali n.d.) bahwa “ Deteksi tepi yaitu proses untuk menentukan lokasi titik–titik yang merupakan tepi objek. Pada gambar 2.8 operator ini menggunakan dua buah kernel yang berukuran 3x3 piksel untuk penghitungan gradien sehingga perkiraan gradien berada tepat di tengah jendela (Andi Sutoyo T. et. al. 2009)

a_0	a_1	a_2
a_7	a_{ij}	a_3
a_6	a_5	a_4

Gambar 2.8 Matriks 3 x 3 pada area image

2.9 Titik – Titik Antropolog

Titik antropolog adalah suatu titik yang dedefinisikan dengan baik pada kepala, karena ini merupakan suatu fitur atau ciri khas yang digunakan untuk merekonstruksi tengkorak.



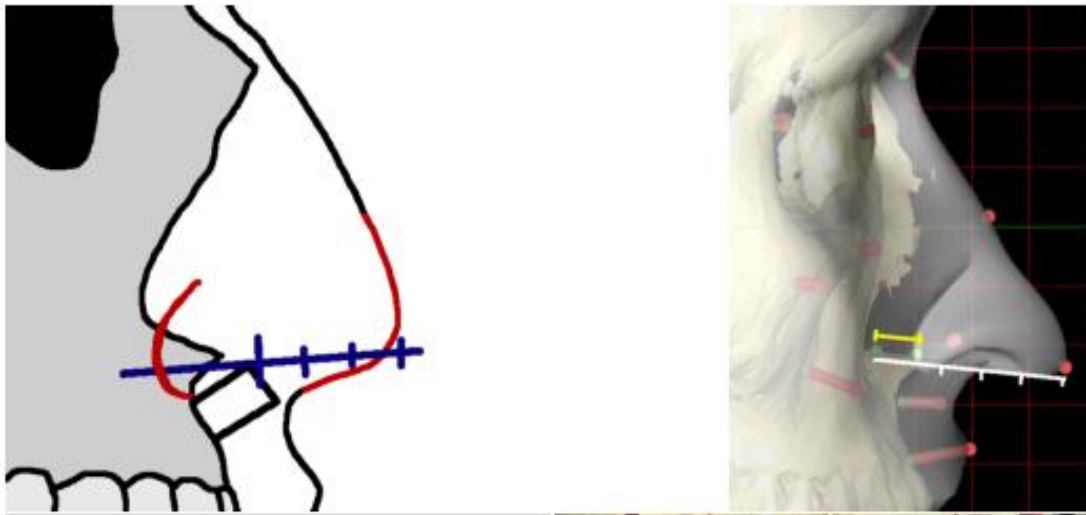
Gambar 2.9 Titik – titik Antropolog (Taylor 2000)

Ada dua tipe dalam titik antropolog yaitu craniofacial dan cephalometric. Titik craniofacial adalah titik antropolog yang terdapat pada tengkorak dan cephalometric adalah korespondensi atau pasangan titik yang terdapat pada kulit.(Valfridsson et al. 2005)

Nama – nama titik antropolog adalah :

1. Supraglabella	Bagian atas dari glabella
2. Glabella	Bagian yang paling menonjol bidang tengah sagital.
3. Nasion	Bagian tengah antara frontal dan dua tulang hidung.
4. Nasale (End of nasals)	Bagian anterior antara ujung tulang hidung dengan kartilago lateral hidung
5. Subspinale (Mid-philtrum)	Titik garis tengah terdalam pada lekukan antara tulang hidung depan dan supradentale
6. Supradentale (Upper lip margin)	Puncak dari alveoli di garis tengah antara gigi seri tengah atas.
7. Infradentale (Lower lip margin)	Puncak dari alveoli di garis tengah antara insisivus sentral rahang bawah
8. Supramentale (Chin-lip fold)	Titik garis tengah terdalam pada lekukan antara infradentale dan pogonion
9. Pogonion (Mental eminence)	Titik paling depan di garis tengah pada tonjolan mental.
10. Beneath chin	Titik terendah pada mandibula (juga dianggap sebagai titik paling kausal dalam garis besar pubis mental dalam sinar-X).

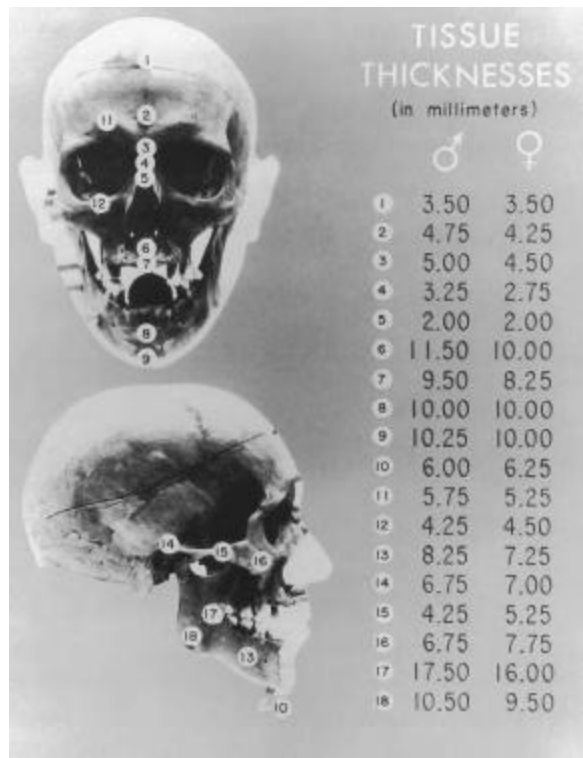
2.10 Titik Antropolog Bagian Hidung



Gambar 2.10 Pengukuran pada bagian hidung (Kolja 2003)

Pada pengukuran panjang hidung, posisi ujung hidung tergantung pada bentuk anterior atau depan pada tulang hidung (Kolja 2003). Berdasarkan rumus Krogman (Taylor 2000), ujung hidung dengan perpanjangan hidung tulang belakang. Mulai dari nilai z dari penanda kedalaman jaringan langsung bawah, baris diperpanjang oleh tiga kali panjang tulang belakang hidung seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10.

Standart pada panjang titik-titik ini sangat penting dalam rekonstruksi wajah karena ini dasar untuk menentukan fitur dalam membuat jaringan lunak tiruan. Mulai dari jaman dahulu dalam para anthropologis berupaya untuk membuat standart ketebalan pada titik antropolog sebagai contoh pada tahun 1980, Rhine dan Campbell mengeluarkan data standart kedalaman jaringan baru pada titik – titik antropolog di Amerika Negroids, yang ditunjukkan pada gambar 2.11. Pada tabel yang dibuat Rhine dan Campbell sangat bermanfaat, terutama karena data yang dibagi dengan kelompok kurus atau langsing, normal, dan obesitas, serta berdasarkan jenis kelamin dan ras.



Gambar 2.11 Ketebalan titik antropolog (dalam milimeter) dari ras Eropa oleh Kollman dan Büchly, 1898 (Taylor 2000)

2.11 Interpolasi Lagrange

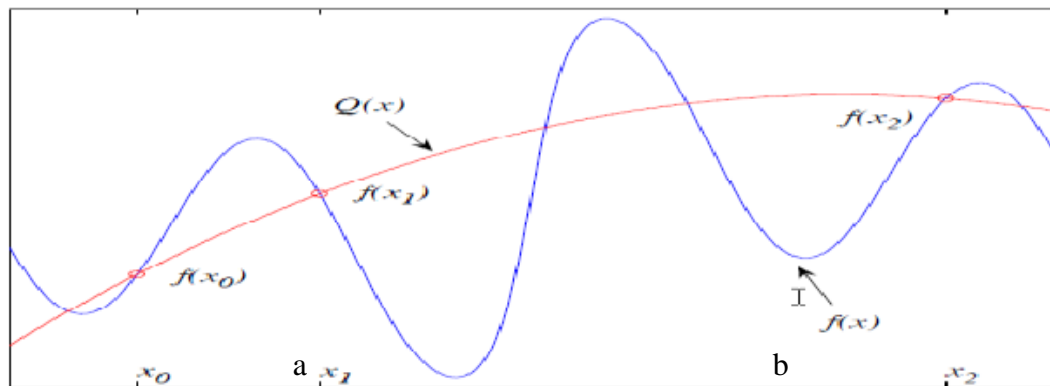
Definisi Interpolasi adalah salah satu metode pencocokan titik data dengan sebuah kurva dengan cara membuat kurva cocok ke setiap titik pada titik-titik data di dalam tabel (Rinaldi 1997). Lagrange polinomial interpolasi digunakan untuk mencari nilai antara dua nilai yang tersedia (Karim 2015). Salah satu tujuan dari Interpolasi yaitu membangun kurva yang melalui semua titik-titik data yang dipergunakan. Interpolasi dapat berfungsi bila ada sebuah kurva yang dibentuk kemudian digunakan untuk menentukan nilai $f(x)$ dengan x berada antara titik-titik data yang diberikan. Dan sebaliknya apabila nilai berada diluar titik-titik data yang diberikan maka itu disebut ekstrapolasi (Muhammad 2011). Interpolasi lebih tinggi keakuratannya di dalam menentukan nilai daripada ekstrapolasi. Dari rentangan kurva tersebut kemudian dicari nilai di dalam

interval titik data (x_0, x_n) atau $(x_0 < x_k < x_n)$ dan inilah yang dinamakan interpolasi

Bentuk umum persamaan polinomial orde n , yaitu :

$$F(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (2.4)$$

Untuk $n + 1$ titik data hanya terdapat satu polinomial orde n atau kurang yang melalui semua titik.



Gambar 2.12 Interpolasi Polynomial $Q(x)$ untuk mencari estimasi nilai antara x_0 , x_1 dan x_2 (Karim 2015)

Interpolasi Lagrange diterapkan untuk mendapatkan fungsi polinomial $P(x)$ berderajat tertentu yang melewati sejumlah titik data (Djohan 2009). Bentuk umum dari interpolasi Lagrange orde n adalah :

$$f_n(x) = \sum_{i=0}^n L_i(x) f(x_i) \quad (2.5)$$

dimana

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \quad (2.6)$$

Dan fungsi polinomialnya

$$f(x) = L_1(y_1) + L_2(y_2) \dots + L_n(y_n) \quad (2.7)$$

Dari persamaan 2.9 maka bentuk persamaan interpolasi lagrange orde 1 menjadi

$$f_1(x) = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} f(x_0) + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} f(x_1) \quad (2.8)$$

Dimana, x = nilai x yang akan dicari nilai baru, x_0 = Koefisien nilai x ke 1 pada koordinat, x_1 = koefisien nilai x ke 2, $f x_0$ = koefisien nilai y ke 1, $f x_1$ = koefisien nilai y ke 2

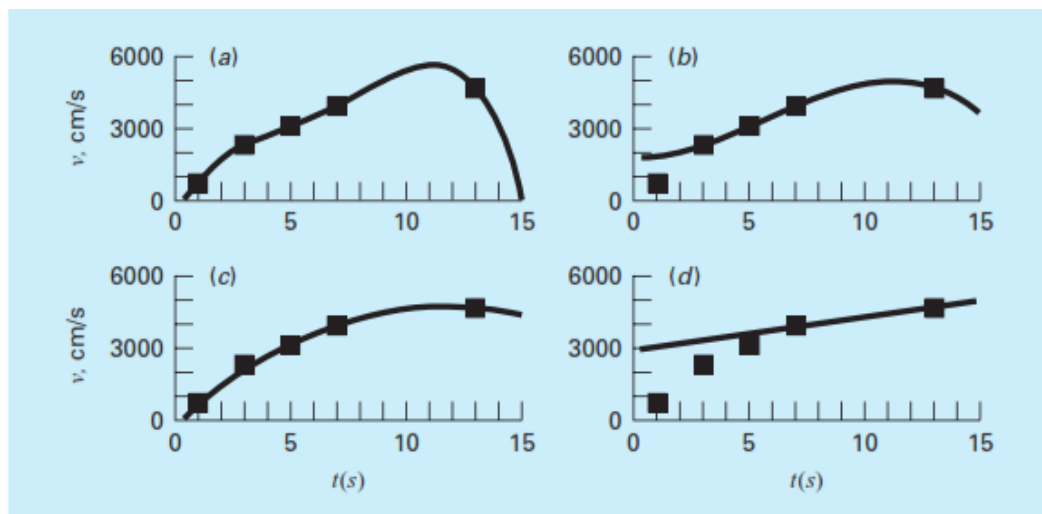
Dari persamaan 2.9 maka bentuk persamaan interpolasi lagrange orde 2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_2(x) = & \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)} f(x_0) + \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)} f(x_1) \\ & + \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)} f(x_2) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Dimana, x = nilai x yang akan dicari nilai baru, x_0 = Koefisien nilai x ke 1 pada koordinat, x_1 = koefisien nilai x ke 2, $f x_0$ = koefisien nilai y ke 1, $f x_1$ = koefisien nilai y ke 2, x_2 = koefisien nilai x ke 3, $f x_2$ = koefisien nilai y ke 3

Pada algoritma lagrange dapat digunakan untuk mencari nilai baru berdasarkan range atau orde yang ditentukan baik orde keempat, ketiga, kedua dan pertama interpolasi polinomial. Polinomial orde keempat dapat diplot seperti pada gambar 2.13a., hal ini terbukti bahwa nilai estimasi y pada $x = 10$ lebih tinggi dari keseluruhan range data. Gambar 2.13b melalui d menunjukkan hasil dari masing-

masing komputasi orde 3, 2 dan 1 dalam interpolasi polinomial. Bila data yang tidak menentu interpolasi polinomial yang tepat adalah menggunakan orde pertama atau ke dua dan bila data yang ada berbanding lurus maka dapat digunakan orde 4.



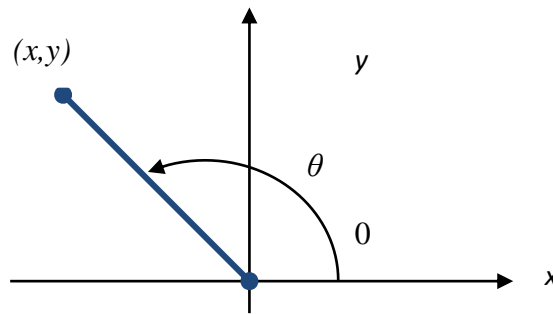
Gambar 2.13 (a). Interpolasi polinomial orde 4, (b) Interpolasi polinomial orde 3, (c) Interpolasi orde 2, (d) Interpolasi orde 1 (Chapra & Canale 2010)

Sebagai catatan bahwa semakin rendah ordenya maka nilai estimasi dari *kecepatan/velocity* di $t = 10$ s akan juga semakin rendah. Plot dari interpolasi polinomial menunjukkan bahwa semakin tinggi ordenya maka estimasi nilainya akan cenderung melampaui dari range datanya (Chapra & Canale 2010).

2.12 Penghitungan Sudut Kemiringan

Dalam menentukan sudut kemiringan dalam 2 titik dalam sebuah koordinat yakni bahwa dalam konsep trigonometri bahwa sudut yang diukur dalam arah berlawanan arah putar jarum jam adalah positif, dan yang diukur searah putaran jarum jam adalah negatif.

Dalam operasi matematika khususnya trigonometri simbol *teta* (θ) untuk menyatakan sudut inklinasi. Sudut inklinasi sebuah garis selalu kurang dari 180° , atau π radian, dan setiap garis mempunyai sudut inklinasi.



Gambar 2.14 Sudut θ dalam bidang (Corral n.d.)

Dari gambar 2.14 dapat didefinisikan bahwa nilai tangen dari suatu sudut inklinasinya, yaitu:

$$M = \tan \theta \quad (2.3)$$

Jika ada dua sudut yang berbeda mempunyai nilai tangen yang sama adalah sesuatu yang dapat terjadi tetapi bila ada dua sudut inklinasi yang berbeda mempunyai kemiringan yang sama adalah hal yang tidak mungkin karena ada pembatasan dalam sudut inklinasi yaitu $0^\circ = \theta < 180^\circ$. Salah satu masalah yang muncul adalah kemiringan dari garis dengan sudut inklinasi $= 90^\circ$, sebab tangen 90° tidak ada. Jadi garis vertikal mempunyai sudut inklinasi 90° tetapi tidak mempunyai kemiringan. Kadang-kadang dikatakan bahwa kemiringan garis vertikal adalah “tak hingga”, atau lambang “ ∞ ”.

2.13 Evaluasi Penghitungan

Nilai yang didapat dari hasil pengukuran panjang dan besar sudut titik antropolog yang diperoleh dengan menggunakan interpolasi Lagrange akan dibandingkan dengan hasil ukur panjang dan besar sudut yang sebenarnya. Perbandingan nilai panjang dan besar sudut tersebut berfungsi untuk mengetahui akurasi metode yang dipakai. Jika nilai akurasi yang dihasilkan besar maka dapat disimpulkan bahwa metode yang digunakan sangat cocok dipakai dalam

penelitian ini tetapi sebaliknya jika hasil akurasinya kecil maka metode yang digunakan kurang cocok dalam penelitian ini.

Perhitungan yang digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi metode interpolasi ditulis menggunakan rumus (Muhammad 2011) :

$$Error = \frac{\text{nilai interpolasi} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{nilai sebenarnya}} \times 100\% \quad (2.11)$$

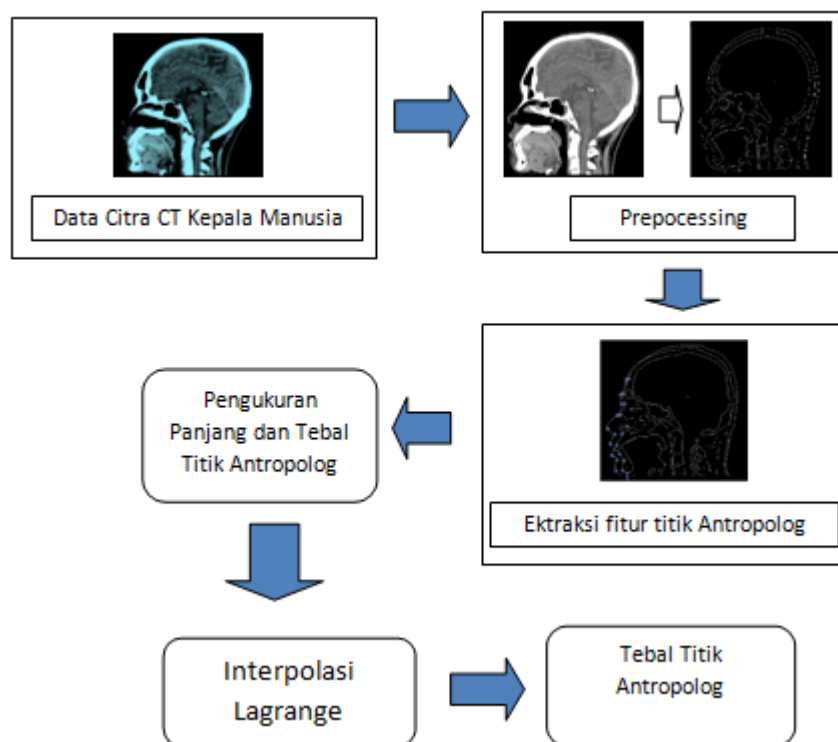
$$Akurasi (\%) = 100\% - Error \quad (2.12)$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memaparkan dan menjelaskan tentang tahapan – tahapan dalam penelitian ini. Berikut diagram blok dalam pengukuran jarak atau tebal tiap titik – titik antropolog



Gambar 3.1 : Blok diagram metodologi penelitian

Berdasarkan tiap alur pada diagram blok diatas masing- masing dirinci di bab ini. Mulai dari persiapan data yang didalamnya ada beberapa proses yang dilakukan antara lain normalisasi, grayscaling, contrast streeching yang masing-masing mempunyai tujuan sendiri-sendiri yang mempunyai tujuan utama yaitu memperbaiki data citra sehingga setelah persiapan data, data akan diproses pada proses berikutnya. Setelah data diproses dalam preprocessing, maka data citra CT akan ditentukan titik fitur pada wajah, proses ini juga tidak kalah penting karena tebal setiap titik fitur pada wajah berbeda – beda. Titik fitur antropolog wajah ini menjadi ciri khas tiap orang sehingga beberapa penelitian diutamakan untuk

mencari tebal titik fitur ini. Setelah titik fitur ini ditentukan maka langkah selanjutnya yaitu pengukuran tebal jaringan lunak kulit berdasarkan titik fitur tersebut. Dalam penelitian ini titik fitur pada manusia sudah ditentukan berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya yaitu berjumlah 11 titik, diantaranya mulai dahi sampai ke janggut antara lain . Diantara titik-titik antropolog terdiri dari Supraglabella, Glabella, Nasion, Nasale (End of nasals), Subspinale (Mid-philtrum), Supradentale (Upper lip margin), Infradentale (Lower lip margin), Supramentale (Chin-lip fold), Pogonion (Mental eminence), Beneath chin dan pada bagian tulang hidung. Selain dilakukan pengukuran tebal titik fitur dan panjang titik antropolog dilakukan pengukuran sudut karena dalam pemrosesan gambar sudut ini menjadi arah dalam menentukan posisi garis. Dari data hasil pengukuran jarak dan sudut antar tiap titik fitur antropolognya maka dilakukan proses pencarian jarak dan sudut tersebut dengan menggunakan metode lagrange, dimana metode lagrange ini adalah suatu metode untuk mencari nilai baru berdasarkan nilai pada data yang sudah ada. Dalam metode lagrange ini ada beberapa ketentuan dari beberapa buku yang menjadi acuan diantaranya bila data tidak menentu dalam artian tidak berbanding lurus maka tidak menggunakan banyak orde atau derajat dikarenakan hasilnya akan sangat menyimpang dari yang diinginkan sehingga cukup menggunakan orde 1 atau 2 tetapi bila data yang didapat berbanding lurus maka dapat menggunakan banyak orde atau derajat karena semakin banyak orde hasil yang didapat semakin akurat.

3.1. Data Citra CT Kepala

Citra CT kepala yang digunakan dalam penelitian ini merupakan citra yang diambil secara utuh mulai atas leher sampai dengan kepala atas dengan posisi sagital atau irisan samping menggunakan CT Scan. Data terdiri dari wajah orang indonesia yang difoto dari CT Scan dengan jenis kelamin laki-laki dewasa berusia 27 – 40 tahun. Salah satu citra CT ditunjukkan pada Gambar 3.3

Dalam penelitian ini, Citra CT Kepala yang digunakan sebanyak 10 citra CT sagital. Dilakukan pengukuran tebal kulit / jaringan lunak antara tulang tengkorak dengan kulit luar wajah dan panjang pada titik - titik antropolog. Dalam tahap persiapan data, data CT yang terkumpul dalam keadaan yang tidak sama ukuran

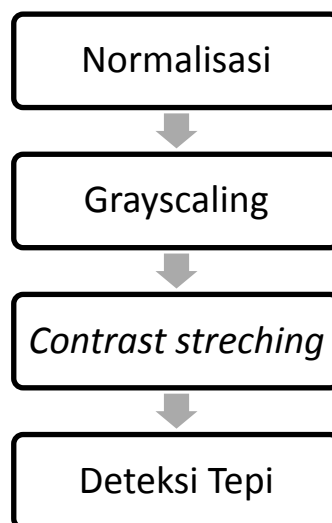
rasio gambarnya, ini menyebabkan data yang terukur tidak valid dalam melakukan pengukuran sehingga perlu dilakukan normalisasi



Gambar 3.2 Citra CT kepala sagital

3.1.1. Preprocessing

Didalam proses preprocessing ada beberapa proses-proses yang harus dilalui diantaranya dapat dilihat pada diagram blok pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Diagram blok persiapan data

Berdasarkan tiap alur pada diagram blok diatas masing- masing dirinci pada bagian preprocessing. Mulai dari normalisasi, grayscale, contrast streeching dan yang terakhir deteksi tepi yang garis besar tujuan dari preprocessing yaitu agar gambar dapat lebih mudah diukur dan lebih akurat dalam pengukurannya.

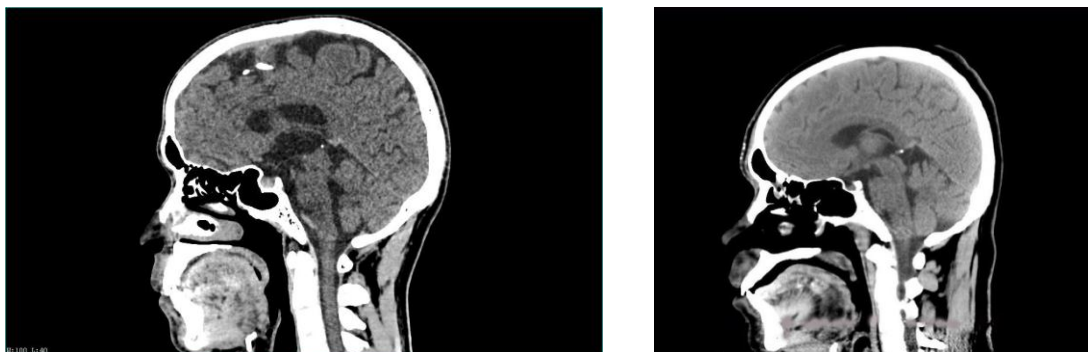
3.1.1.1 Normalisasi

Proses normalisasi ukuran bertujuan untuk menyeragamkan ukuran rasio citra tanpa mengurangi informasi yang ada pada citra. Pada Gambar 3.3 merupakan salah satu contoh citra yang belum dinormalisasi baik panjang maupun lebarnya. Semua data citra CT kepala yang akan dinormalisasi di data semua ukuran piksel untuk memperoleh nilai atau panjang dan lebar pada citra.

Ukuran citra output dihasilkan melalui perkalian antara ukuran citra input dengan variabel penskalaan seperti yang ditunjukkan pada (Vanezis 2007) . Persamaan 3.1 dimana (I_p) yaitu ukuran citra input, (O_p) yaitu ukuran citra output dan (S_m) yaitu variabel penskalaan yang diinginkan.

$$O_p = S_m \times I_p \quad (3.1)$$

Setelah semua data ukuran piksel masing-masing citra terdata, kemudian dilakukan perhitungan rata-rata ukuran pikselnya agar semua gambar dapat masuk kedalam proses normalisasi. Dalam penelitian ini proses menyamakan ukuran citra dilakukan dengan memasukkan tiap gambar menggunakan software matlab 2012. Contoh beberapa ukuran citra dari ukuran semula yaitu 1116 x 644, 1027 x 593, 586 x 593, 1030 x 652 menjadi ukuran 614 x 626 tujuan dari menyamakan citra ini agar dalam pengukuran tidak terjadi perbedaan rasio citra.



Gambar 3.4 Citra CT beragam ukuran

3.1.1.2 Grayscale

Pada pemrosesan citra rata-rata pada awalnya dilakukan proses *Grayscale* karena proses *Grayscale* bertujuan untuk merubah ukuran citra menjadi 256 sehingga dapat mempermudah perhitungannya, pada citra karena citra grey jumlah bitnya adalah 8 sehingga jumlah warnanya adalah $2^8 = 256$, nilainya pada jangkauan 0 – 255 sehingga citra grey tidak mungkin melebihi 255 dan kurang dari 0. Dibandingkan dengan citra RGB yang tiap komponen RGB yaitu R=255 (8bit), G=255(8bit), B=255(8bit) sehingga intensitas citranya 24 bit. Jadi warna RGB bila ditotal menjadi $2^8 * 2^8 * 2^8 = 16.777.216$. Bentuk umum dalam menghasilkan citra greyscale, dilakukan konversi dengan mengambil rata-rata dari nilai R, G dan B sehingga mendapatkan hasil nilai S sebagai nilai greyscale. Konversi RGB ke greyscale dapat dilakukan dengan persamaan :

$$I = W_R \cdot R + W_G \cdot G + W_B \cdot B \quad (3.2)$$

Dimana I adalah intensitas $WR = \text{weight factor } R$, $WG = \text{weight factor } G$, $WB = \text{weight factor } B$. Untuk memastikan persamaan (3.3) *weight factor* harus berjumlah sama dengan satu $WR + WG + WB = 1$. Sebenarnya tiga warna sama – sama penting, karena itu $WR = WG = 1/3$.

3.1.1.3 Contrast Streching

Pada proses *contrast streching* bertujuan yaitu membuat terang pada citra yang terlihat gelap, dan sebaliknya yaitu mengurangi tingkat kecerahan pada citra yang terlalu terang. Citra CT yang belum di *contrast streching* ditunjukkan pada gambar 3.5. Pada peregangan kontras, setiap piksel pada citra input ditransformasi dengan menggunakan fungsi berikut:

$$O(p, q) = \frac{I(p, q) - c}{d - c} (L - 1) \quad (3.3)$$

Dengan $O(p, q)$ dan $I(p, q)$ berturut-turut piksel sesudah dan

sebelum di- transformasi pada koordinat (p , q), c dan d menyatakan nilai maksimum dan mini- mum dari piksel pada citra input dan L menyatakan nilai grayscale maksimum. Bila nilai piksel lebih kecil dari 0 maka akan dijadikan 0 dan bila lebih besar dari $(L - 1)$ maka akan dijadikan $(L - 1)$



Gambar 3.5 Citra CT sebelum di *contrast streching*

3.1.1.4 Deteksi Tepi

Setelah dilakukan proses *contrast streching*, proses selanjutnya yaitu deteksi tepi, proses ini dilakukan agar dalam pengukuran mendapatkan jarak titik antropolog yang tepat karena didalam deteksi tepi gambar menjadi lebar 1 piksel sehingga lebih tepat mengenai garis pada titik antropolog yang akan diukur. Pengaturan pixel disekitar pixel (x, y)

Besar gradien yang dihitung menggunakan operator sobel adalah sebagai berikut:

$$G = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad (3.4)$$

Dengan, G = besar gradient operator Sobel

S_x = gradien Sobel arah horizontal

S_y = gradient Sobel arah vertical

dimana G adalah besar gradient di titik tengah kernel dan turunan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$S_x = (a_2 + ca_3 + a_4) - (a_0 + ca_7 + a_6) \quad (3.51)$$

$$S_y = (a_0 + ca_1 + a_2) - (a_6 + ca_5 + a_4) \quad (3.6)$$

Dimana c adalah konstanta yang bernilai 2. S_x dan S_y diimplementasikan menjadi kernel berikut

$$S_x = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -2 & 0 & 2 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \quad S_y = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline -1 & -2 & -1 \\ \hline \end{array}$$

Gambar 3.6 Operator Sobel

3.2 Ekstraksi Titik Antropolog Pada Kulit dan Tengkorak (Craniofacial)

Pada penelitian kali ini penempatan titik fitur Antropolog pada kulit pada berjumlah 10 titik kemudian ditambah dengan titik antropolog di hidung, diantaranya Supraglabella, Glabella, Nasion, Nasale (End of nasals), Subspinale (Mid-philtrum), Supradentale (Upper lip margin), Infradentale (Lower lip margin), Supramentale (Chin-lip fold), Pogonion (Mental eminence), Beneath chin. Karena objek penelitian kali ini hanya pengukuran titik fitur yang ada pada wajah. Dalam penelitian ini, Citra CT Kepala yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 10 citra. Dilakukan pengukuran panjang kulit / jaringan lunak antara tulang tengkorak dengan kulit luar wajah di beberapa titik antropolog.

Penempatan titik antropolog baik pada kulit maupun pada tengkorak bertujuan untuk mengukur seberapa tebal jaringan kulit yang ada pada tengkorak manusia. Pada penempatan marker harus tepat mengenai garis putih

hasil dari deteksi tepi. Ini merupakan fungsi dari deteksi tepi yang ada hanya dua warna yakni hitam dan putih atau biner (0 dan 1) dan lebar dari garis tersebut hanya satu piksel saja sehingga penempatan marker dapat tepat mengenai piksel yang dituju.

3.3. Penempatan Titik Antropolog Pada Tengkorak (Cephalometric)

Dalam pengukuran panjang antar titik antropolog maka diperlukan penempatan titik – titik pada tulang tengkorak, dalam proses proses diperlukan suatu operasi dalam citra yang dinamakan threshold. Dengan nilai maksimal 1 dan threshold dengan batas ambang 0,8 maka daerah yang terang akan menjadi tambah terang sedangkan daerah yang agak gelap akan menjadi hilang, sehingga akan tampak tulang tengkorak dengan jelas dan setelah itu diberi marker atau penanda pada tiap titik antropolog untuk mengukur panjang tiap titik antropolog.

Penghitungan baik jarak maupun panjang titik-titik antropolog menghasilkan satuan piksel. Dalam hal ini perlu dilakukan konversi ke dalam satuan mm. Hal ini bertujuan untuk bilamana dilakukan rekonstruksi manual/implementasi dengan menggunakan gambar yang sesungguhnya. Langkah ini dapat dilakukan dengan cara membagi ukuran citra yang asli dengan ukuran piksel pada gambar. Sehingga persatu piksel sama dengan berapa mm.

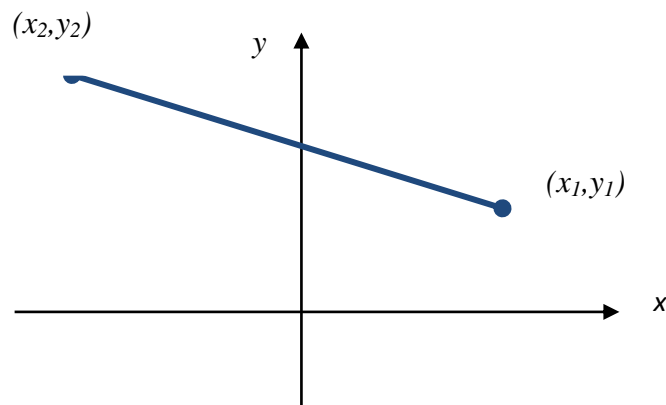
Adapun rumus atau persamaan yang dipakai yaitu:

$$\text{Konversi piksel ke mm} = \frac{\text{panjang satuan mm}}{\text{panjang satuan piksel}} \quad (3.7)$$

Pada gambar sesungguhnya lebar gambar adalah 205 mm dan sedangkan pada citra CT berukuran 614 piksel. Sehingga didapatkan rata-rata dari perbandingan piksel ke milimeter (mm) yaitu 0,33. Data selanjutnya dapat dengan mengkalikan piksel yang lain dengan 0,33 mm sehingga data lain hasilnya dapat diubah atau dikonversi dengan satuan milimeter (mm)

3.4 Pengukuran Tebal dan Panjang Titik Antropolog

Setelah penempatan titik marker pada tulang tengkorak dan kulit maka dilakukan perhitungan tebal dan panjang titik antropolog. Jarak antara titik antropolog dapat diukur panjangnya dengan euclidian distance dimana 2 titik koordinat ditentukan dan digunakan persamaan. Dalam menghitung panjang jarak antara dua titik dalam koordinat bila diketahui titik 1 (x_1, y_1) dan titik lainnya sebagai Titik 2 (x_2, y_2). Dengan adanya posisi koordinat pada titik 1 dan titik 2 maka panjang antara 2 titik tersebut dapat diketahui dengan menggunakan rumus dengan ketentuan x_1 adalah koordinat horizontal (searah dengan sumbu x) dari Titik 1, dan x_2 adalah koordinat horizontal dari Titik 2. y_1 adalah koordinat vertikal (searah dengan sumbu y) dari Titik 1, dan y_2 adalah koordinat vertikal dari Titik 2.



Gambar 3.7 Pengukuran panjang antara 2 koordinat

Dengan x_1, y_1 adalah koordinat dari titik 1 pada koordinat x dan y dan juga sebaliknya pada x_2 dan y_2 merupakan koordinat dari titik 2 pada koordinat x dan y. Rumus ini menghitung panjang garis yang terbentang di antara dua titik Titik 1 dan Titik 2. Jarak liniernya merupakan akar kuadrat dari kuadrat jarak horizontal ditambah kuadrat jarak vertikal di antara kedua titik. Langkah –

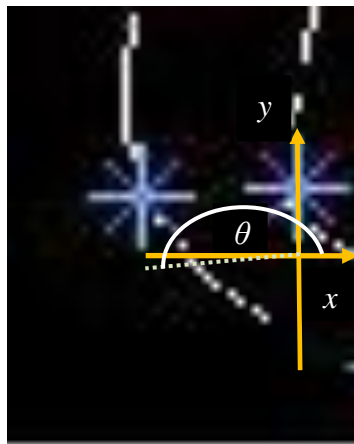
langkahnya yaitu kurangkan $y_2 - y_1$ untuk mencari jarak vertikalnya. Kemudian, kurangkan $x_2 - x_1$ untuk mencari jarak horizontalnya.

Kemudian jika pengurangan menghasilkan angka negative maka langkah selanjutnya adalah menguadratkan nilai-nilai ini, dan penguadratan selalu menghasilkan angka bulat positif.

$$f(x) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3.8)$$

3.5 Pengukuran Sudut Jarak Antara Titik Antropolog

Dalam menentukan besar titik sudut dalam tiap-tiap titik antropolog hal yang perlu diketahui adalah posisi koordinat antara 2 titik sudut tersebut. Dengan menggunakan $\arctan \theta$ maka diketahui besar sudut yang akan dicari sesuai dengan posisi koordinat yang dibentuk.



Gambar 3.8 Besar sudut θ pada titik antropolog

Dengan mengetahui posisi koordinat 2 titik tersebut maka sudutnya dapat dicari dengan rumus :

$$\text{Arctan2}(\text{nilai_x}, \text{nilai_y})$$

Dimana x adalah nilai koordinat x dan nilai y adalah nilai koordinat y

Fungsi ini digunakan untuk menghasilkan nilai Arc Tangen dalam empat kuadran dari suatu koordinat x dan y tertentu. ATAN2 menghasilkan nilai sudut (dalam satuan radian) antara baris $y=0$ dan garis yang dihubungkan dengan koordinat (x,y) tertentu. Atan2 menghasilkan nilai antara $-3.14/2$ sampai $+3.14/2$.

3.6 Interpolasi Lagrange

Setelah mendapatkan hasil dari tebal, panjang dan sudut dari pengukuran dari semua citra baik data training dan data testing maka langkah selanjutnya adalah memasukkan ke dalam metode interpolasi lagrange, dimana metode ini akan menghasilkan nilai baru berdasarkan range data yang ada. Pada penelitian ini digunakan interpolasi lagrange orde 1 dan 2 karena data yang dimasukkan tidak menentu. Ini berbeda dengan data yang berbanding lurus, bila data berbanding lurus maka semakin banyak orde maka semakin akurat nilai yang dihasilkan. Langkah pertama yang kita lakukan yaitu menentukan (x_0, y_0) dan (x_1, y_1) kemudian mendefinisikan sebagai berikut

$$L_0(x) = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} \quad (3.9)$$

$$L_1(x) = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \quad (3.10)$$

$$P(x) = L_0(x)y_0 + L_1(x)y_1 \quad (3.11)$$

Dari persamaan diatas kita gabungkan maka akan didapat Interpolasi Lagrange orde 1 dengan melewati (x_0, y_0) dan (x_1, y_1)

$$P(x) = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} y_1 \quad (3.12)$$

Setelah mendapatkan persamaan interpolasi lagrange orde 1 maka dengan langkah yang sama kita mendapatkan orde 2 dengan melewati titik (x_0, y_0) , (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) yaitu dengan mendefinisikan

$$L_0(x) = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)} \quad (3.13)$$

$$L_1(x) = \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)} \quad (3.14)$$

$$L_2(x) = \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)} \quad (3.15)$$

Kemudian kita definisikan fungsi polinimalnya

$$P(x) = L_0(x)_{y_0} + L_1(x)_{y_1} + L_2(x)_{y_2} \quad (3.16)$$

Atau persamaan interpolasi lagrange orde 2 yaitu :

$$P(x) = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)}y_0 + \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)}y_1 + \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)}y_2 \quad (3.17)$$

Pada tabel 3.1 adalah titik antropolog ditandai dengan posisi x points dan y points merupakan tebal dari titik antropolog pada data training.

Tabel 3.1 Titik antropolog (x points) dan tebal titik antropolog (y point)

No	X points	Y points
1	0	0,4
2	1	2,86
3	2	4,29
4	3	5,29
5	4	3,69
6	5	22,8
7	6	10,02
8	7	8,44
9	8	10,12
10	9	10,49
11	10	7,04
12	11	5,38

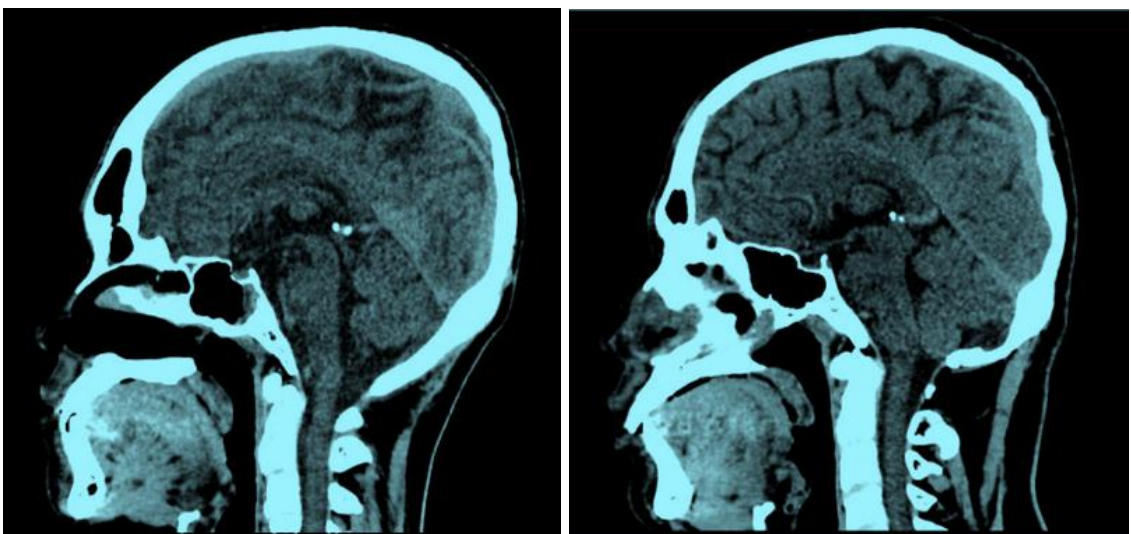
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dan pembahasan dalam penelitian ini. Untuk mendapatkan jarak atau tebal, panjang dan sudut titik antropolog mengalami beberapa tahapan atau proses diantaranya persiapan data, penempatan titik antropolog dan kemudian mencari panjang, tebal dan sudut titik antropolog dengan metode lagrange.

4.1. Persiapan Data

Tahap yang pertama kali dilakukan adalah tahap persiapan data. Tahap persiapan data dalam penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki data untuk mempermudah tahap selanjutnya. Tahap ini meliputi normalisasi, grayscaling dan contrast stretching. Proses normalisasi dilakukan untuk menyeragamkan ukuran dimensi data tanpa mengurangi informasi tentang detail citra sehingga data yang pada awalnya memiliki ukuran dimensi yang berbeda-beda, setelah dinormalisasi akan memiliki ukuran dimensi yang sama. Ukuran dimensi akhir pada penelitian ini untuk mendapatkan rata – rata gambar agar didapatkan hasil yang sama yaitu 614 x 626 piksel dimana lebarnya 614 piksel dan tinggi 626 piksel. Hasil proses normalisasi ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Normalisai citra CT kepala

Setelah ukuran data seragam, data akan mengalami proses *grayscale* yang hasilnya berupa citra *grayscale*. Proses *grayscale* merupakan proses mengubah citra berwarna yang berkedalaman warna 24 bit menjadi citra *grayscale* berkedalaman warna 8 bit atau 256 warna. Tampilan citra sebelum digrayscale ditunjukkan pada gambar 4.2



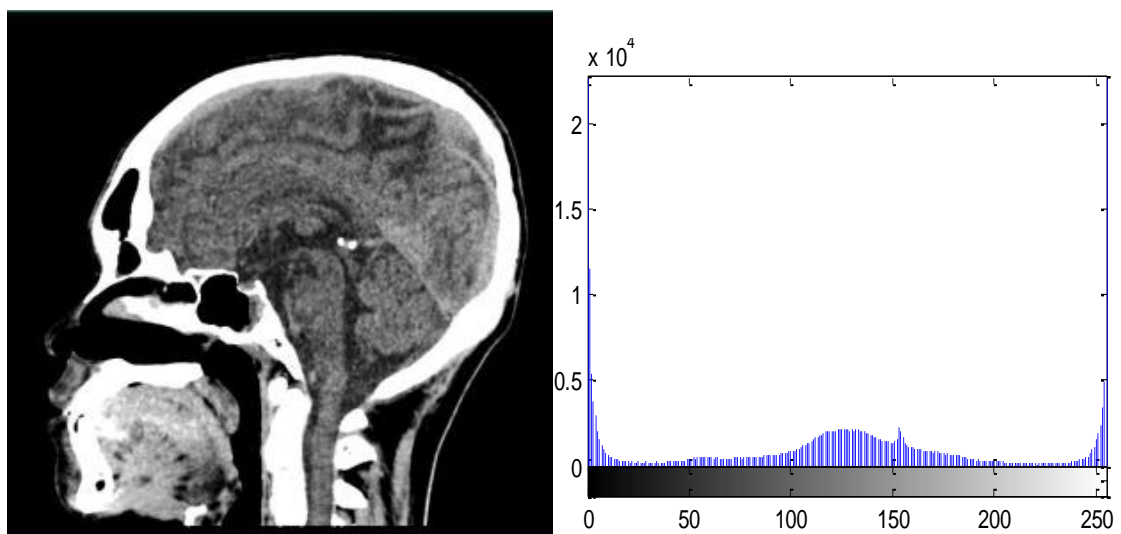
Gambar 4.2 Citra CT RGB

Proses pengubahan citra berwarna menjadi citra *grayscale* dilakukan dengan mendapatkan rata-rata dari penjumlahan ketiga warna yaitu warna merah (R), warna hijau (G) dan warna biru (B) dibagi 3 untuk mendapatkan citra keabuan. Dalam pemrosesan gambar merubah citra RGB ke *grayscale* merupakan langkah awal. Proses *grayscale* ini mengubah tiap-tiap piksel warna menjadi satu channel warna sehingga citra tampak keabuan. Hasil proses *grayscale* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Setelah citra mengalami proses *grayscale* langkah selanjutnya yaitu *contrast stretching* yang bertujuan untuk memperjelas dan mempertajam ciri atau fitur tertentu dari citra sehingga citra lebih mudah dipersepsi maupun dianalisis secara lebih teliti dimana dalam penelitian ini batas kulit luar tengkorak dapat terlihat dengan jelas yaitu dengan memperbaiki kontras citranya. Pada penelitian ini difokuskan pada pengukuran tebal titik-titik antropolog pada wajah. Jaringan lunak pada wajah sampe kulit luar batas tulang tengkorak terlihat dengan dilakukannya proses *contrast stretching*.



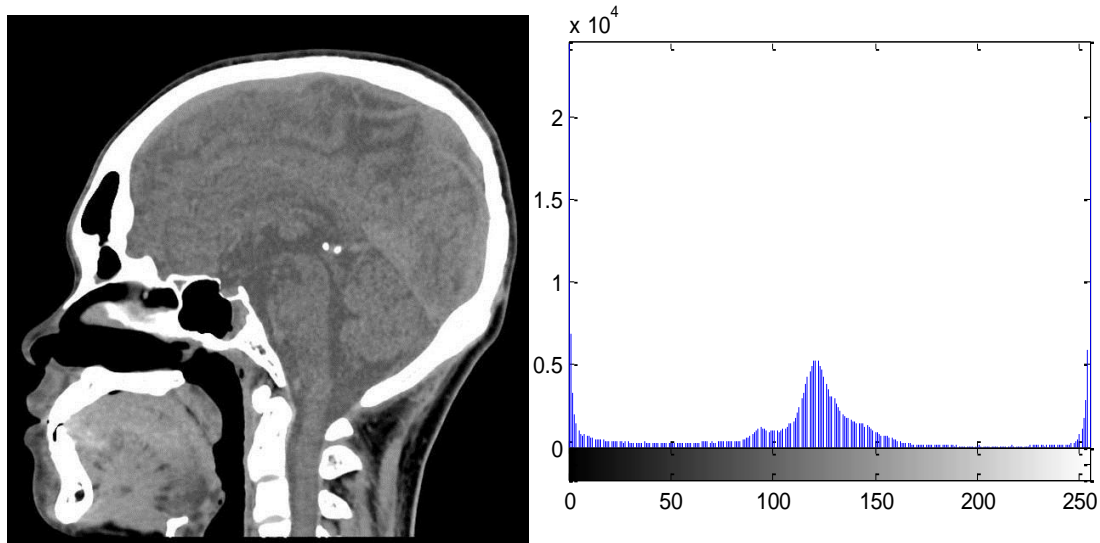
Gambar 4.3 Citra CT hasil *grayscale*

Pada proses *contrast stretching* ini sangat perlu dilakukan karena pada citra awal batas atau kulit luar pada citra CT sagital tidak terlalu tampak sehingga sulit dalam melakukan pengukuran tebal titik antropolognya. Dalam tahap ini tidak mengubah informasi yang ada pada citra baik ukuran citra maupun bentuk dari citra itu sendiri. Proses sebelum citra dilakukan *contrast stretching* ditunjukkan pada gambar 4.3 dan citra setelah mengalami proses *contrast stretching* dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.4 Gambar sebelum *Contrast stretching*

Dalam *Contrast stretching* dynamic range pada histogram terlihat adanya kenaikan dari citra awal sehingga nilai intensitas dalam citra lebih tinggi. Kontras dalam citra menyatakan distribusi warna terang dan warna gelap. Suatu citra memiliki kontras rendah jika dynamic range-nya rendah dan sebaliknya citra memiliki kontras tinggi jika dynamic range-nya tinggi. Dynamic range diukur berdasarkan perbedaan antara nilai intensitas tertinggi dan nilai intensitas terendah yang menyusun piksel piksel dalam citra



Gambar 4.5 Citra CT hasil *contrast stretching*

Setelah citra melalui proses *contrast stretching* langkah selanjutnya yaitu deteksi tepi. Deteksi tepi (*Edge Detection*) pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari obyek-obyek citra, tujuannya adalah Tujuan operasi pendeteksian tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek di dalam citra. Dalam hal ini tujuan dari penelitian ini untuk memberi tanda pada bagian fitur titik antropolog untuk mempermudah pengukuran tebal dan panjangnya. Tujuan yang kedua dari deteksi tepi untuk memperbaiki detail dari citra yang kabur, yang terjadi karena error atau adanya efek dari proses akuisisi citra. Suatu titik (x,y) dikatakan sebagai tepi (*edge*) dari suatu citra bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi dengan tetangganya. Dan juga deteksi tepi ini mempunyai tujuan yang ketiga yaitu menjadikan citra menjadi 1 *piksel* sehingga posisi penempatan titik antropolog dalam pengukuran lebih tepat dalam penempatannya.

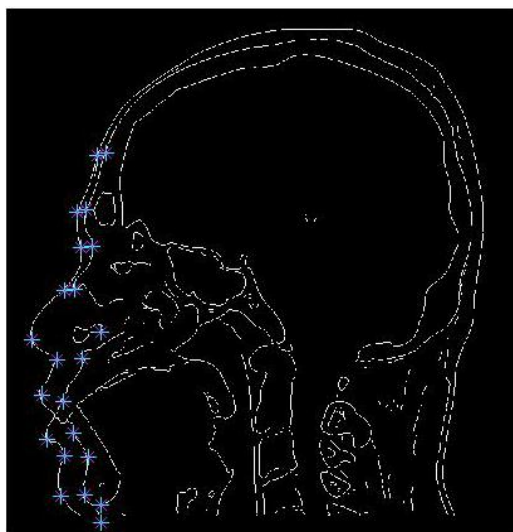
Karena tepi termasuk ke dalam komponen berfrekuensi tinggi, maka pendeteksian tepi dapat dilakukan dengan penapis lolos-tinggi. Hasil citra CT hasil deteksi tepi ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil citra deteksi tepi

4.2 Penempatan Titik Antropolog Pada Kulit (Cephalometric)

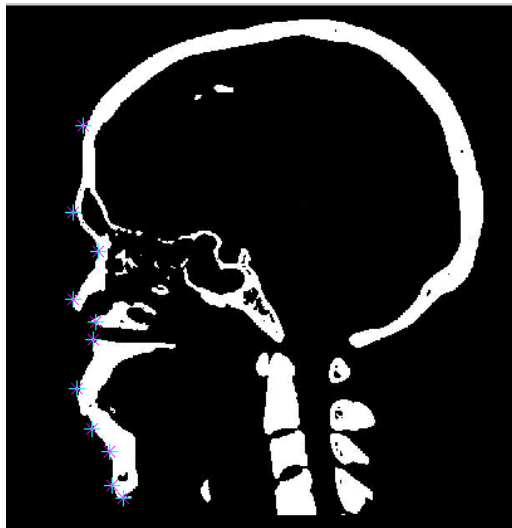
Dalam melakukan penempatan titik antropolog pada kulit hal yang perlu diperhatikan yaitu ketepatan dalam pemberian titik sesuai dengan tempat titik fiturnya dan diusahakan tegak lurus dengan titik craniofacial. Hasil penempatan titik antropolog pada kulit ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gamabr 4.7 Penempatan titik cephalometric pada kulit tengkorak

4.3 Penempatan Titik Antropolog Pada Tengkorak (Craniofacial)

Pada penempatan titik antropolog pada tengkorak atau craniofacial hal yang pertama dilakukan yaitu menghilangkan jaringan kulit pada citra CT. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan proses threshold dimana fungsi threshold menghilangkan gelap atau terang dengan menggunakan nilai ambang. Setelah jaringan kulit pada citra CT hilang kemudian kita pasang tanda atau landmark pada fitur – fitur yang telah ditentukan. Penempatan ini bertujuan untuk mengukur panjang antar tiap titik antropolog craniofacial. Gambar 4.8 terlihat penempatan titik antropolog pada tengkorak.



Gambar 4.8 Penempatan titik antropolog pada tengkorak

Sesuai dengan fitur pada wajah manusia yang terdiri dari 10 titik antropolog kemudian ditambah dengan titik antropolog di hidung, diantaranya Supraglabella, Glabella, Nasion, Nasale (End of nasals), Subspinale (Mid-philtrum), Supradentale (Upper lip margin), Infradentale (Lower lip margin), Supramentale (Chin-lip fold), Pogonion (Mental eminence), Beneath chin. Semua fitur dengan total 11 titik diukur panjang antar titik craniofacial.

4.4 Pengukuran Tebal dan Panjang Titik Antropolog

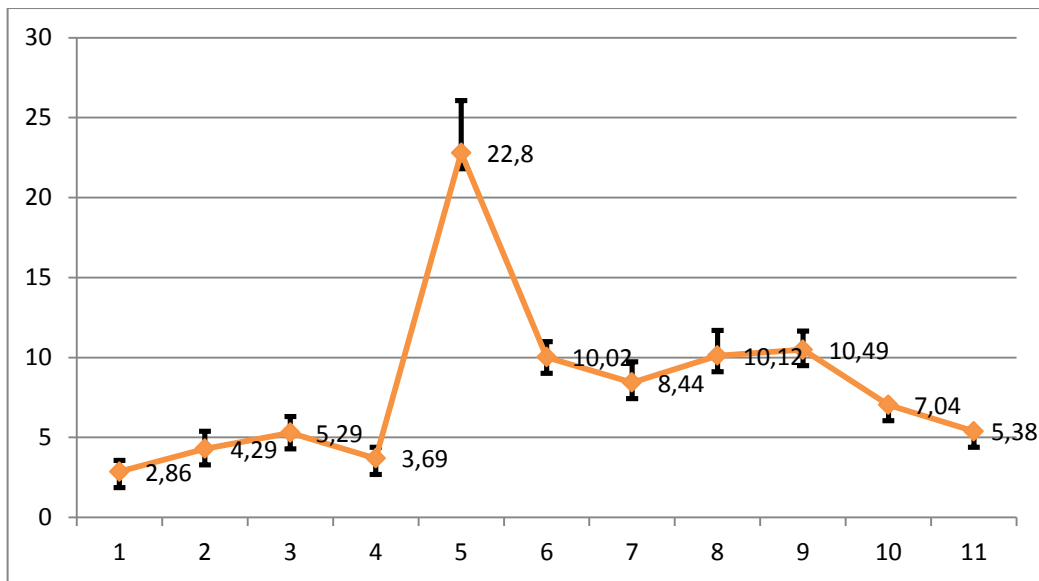
Setelah penempatan titik fitur antropolog kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode euclidian distance, Euclidean Distance adalah

metrika yang paling sering digunakan untuk menghitung kesamaan dua vektor, dimana mengukur dengan menggunakan jarak antar posisi piksel dengan piksel yang lain, sehingga dari pengukuran dengan menggunakan posisi piksel didapatkan posisi piksel (X_1, Y_1) dan $(X_2 \text{ dan } Y_2)$. Dari hasil pengukuran didapatkan hasil tebal tiap titik antropolog dengan satuan milimeter (mm). Hasil tebal titik-titik antropolog ditunjukkan di tabel 4.1 Supragalbella (S) dan korespondesinya Supragalbella (S'), Glabella(G) korespondesinya Glabella (G'), Nasion (No) korespondesinya Nasion (No'), Nasale (Na) korespondesinya Nasale (Na'), Bone nose (Bn) korespondesinya Bone nose (Bn'), Subspinale (Sp) korespondesinya Subspinale (Sp'), Supradentale (Sd) korespondesinya Supradentale (Sd'), Infradentale (Inf) korespondesinya Infradentale (Inf'), Supramentale (Sp) korespondesinya Supramentale (Sp'), Pogonion (P) korespondesinya Pogonion (P') dan Beneath Chin (Bc) korespondesinya Beneath Chin (Bc')

Tabel 4.1 Ketebalan Titik Antropolog (mm)

Tebal Titik Antropologi (mm)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	3,6	2,5	2,7	2,9	4,4	2,5	2,9	2	2,9	2,2
G-G'	7	2,8	4,1	3,5	3,6	4,6	4,5	4,6	4,1	4,1
No-No'	6	6,2	6	4,6	3,6	5,6	6,7	4,7	5,5	4
Na-Na'	4,3	3,2	5	2,9	2,7	4,2	3,3	4	3,5	3,8
Bn-Bn'	23,1	21,6	20,2	24,6	19,9	19,2	22,1	30,7	23,3	23,3
Sp-Sp'	10,3	9,4	8,2	8,7	10,7	11,3	10	10,6	10,8	10,2
Sd-Sd'	8,9	8,9	8	9,9	8,9	8,6	5,6	7,7	7,7	10,2
Inf-Inf'	11	11,6	6,5	10,6	8,2	9,8	10,5	11,1	11	10,9
Sr-Sr'	9	10	9,9	9,9	9,5	12,4	12,4	9,9	10,8	11,1
Po-Po'	6,5	8,4	5,6	7,4	6	6,5	7,4	8,1	5	9,5
Bc-Bc'	4,5	6,4	5	5	4,5	4	5	6,4	7	6

Dari hasil pengukuran tebal titik antropolog pada 10 citra didapatkan rata – rata atau mean dan standart deviasi dari keragaman data. Grafik rata – rata tebal dan standart deviasi data ditunjukkan pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Grafik Tebal rata-rata dan Standart Deviasi data

Hasil rata – rata dari tebal dari tiap titik Antropolog berdasarkan tabel 4.1 yaitu Supraglabella (S) ke Supraglabella (S') 2,86 mm, Glabella (G) ke Glabella (G') 4,29 mm, Nasion (No) ke Nasion (No') 5,29 mm, Nasale (Na) ke Nasale (Na') 3,69 mm, Bone nose (Bn) ke Bone nose (Bn') = 22,8 mm, Subspinale (Sp) ke Subspinale (Sp') 10,02 mm, Supradentale (Sd) ke Supradentale (Sd') 8,44 mm, Infradentale (Inf) ke Infradentale (Inf') 10,12 mm, Supramentale (Sp) ke Supramentale (Sp') 10,49 mm, Pogonion (P) ke Pogonion (P') 7,04 mm dan Beneath Chin (Bc) ke Beneath Chin (Bc') 5,38 mm. Standart deviasi berdasarkan tabel 4.1 pada pada 10 citra yaitu Supraglabella (S) 0,7 mm, Glabella 1,1 mm, Nasion (No) 1 mm, Nasale (Na) 0,7 mm, Bone nose (Bn) 3,3 mm, Subspinale (Sp) 1 mm, Supradentale (Sd) 1,3 mm, Infradentale (Inf) 1,6 mm, Supramentale (Sp) 1,2 mm, Pogonion (P) 1,4 mm dan Beneath Chin (Bc) 1 mm . Standart deviasi paling besar yakni 3,3 mm terletak pada titik antropolog hidung. Tujuan dari standar deviasi yaitu mengukur nilai-nilai data tersebar atau besar perbedaan nilai data terhadap rata-rata. Semakin besar nilai standart deviasinya maka semakin besar keragaman datanya dan sebaliknya semakin kecil standart deviasinya maka semakin kecil keragaman datanya.

Data rata – rata tebal tiap titik bisa dijadikan data standart pada tiap titik antropolog. Kemudian setelah dilakukan pengukuran tebal langkah selanjutnya

yaitu pengukuran panjang antar titik antropolog dengan menggunakan langkah yang sama dalam melakukan pengukuran tebal titik antropolog dengan menggunakan metode euclidian distance dengan menempatkan tanda pada tiap titik antropolog sehingga didapatkan posisi piksel (X_1 , Y_1) dan (X_2 dan Y_2). Kemudian dimasukkan ke dalam persamaan euclidian distance sehingga didapatkan panjang tiap titik antropolog. Tabel 4.2 didapatkan hasil dari panjang dari tiap titik antropolog dengan satuan milimeter (mm). Dengan keterangan pada tabel yaitu Titik Pusat (Tp) – Supraglabella (S), Supraglabella (S) - Glabella(G), Glabella(G) - Nasion (No), Nasion (No) - Nasale (Na), Nasale (Na) - Bone nose (Bn) - Bone nose (Bn) - Subspinale (Sp), Subspinale (Sp) - Supradentale (Sd), Supradentale (Sd) - Infradentale (Inf), Infradentale (Inf) - Supramentale (Sp), Supramentale (Sp) - Beneath Chin (Bc).

Tabel 4.2 Panjang tiap Titik Antropolog

Panjang Titik Antropolog (mm)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
Tp-S	81,5	81,5	91,5	80,2	85	79,2	73,4	82,5	84,7	70,3
S-G	29,4	41,7	35,5	41,6	33,1	36,5	39	31,5	29,5	39,2
G-No	15,5	15,4	19	11,1	22,8	20,3	15,8	14,5	15,8	20,9
No-Na	20,2	14,4	23,9	17,8	15	21,1	14,6	16,2	17,6	20,6
Na-Bn	12,9	16,8	8,8	18,8	14,1	10,7	16,4	21	19,3	18,2
Bn-Sp	15	14,5	14,4	18,3	13,9	18,3	16,9	21,9	10,5	18,2
Sp-Sd	13,3	15,3	14,9	11,6	16,2	10,6	9,3	12,2	14,2	11,5
Sd-In	11,7	12,9	15	14,8	13,1	19,4	13	15,2	13,3	16
In-Sr	9,3	10	9,8	8,4	16	16	13,7	15,1	14,8	11,9
Sr-Po	11,9	15,4	17,4	11	14,4	12,4	11,7	10,9	15,4	9,4
Po-Bc	6,7	7,4	5,4	9,8	5,8	6,9	8	9,2	7,5	8,4

Kemudian dari panjang tiap titik antropolog di *normalisasi*. Dalam hal ini agar memperoleh range antara 0 sampai 1 dengan cara di bagi dengan jarak yang terpanjang pada tiap titik antropolognya. Hasil normalisasi panjang titik – titik antropolog ditunjukkan pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Panjang Titik Antropolog setelah normalisasi

Panjang Titik Antropolog setelah dinormalisasi (mm)	No Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
Tp-S	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8
S-G	0,7	1	0,9	1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,9
G-No	0,7	0,7	0,9	0,5	1	1	0,8	0,7	0,8	1
No-Na	0,8	0,6	1	0,7	0,6	0,9	0,6	0,7	0,7	0,9
Na-Bn	0,6	0,8	0,4	0,9	0,7	0,5	0,8	1	0,9	0,9
Bn-Sp	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,8	1	0,5	0,8
Sp-Sd	0,9	1	1	0,8	1	0,7	0,6	0,8	0,9	0,8
Sd-In	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	1	0,7	0,8	0,7	0,8
In-Sr	0,6	0,6	0,6	0,5	1	1	0,9	0,9	0,9	0,7
Sr-Po	0,7	0,9	1	0,6	0,8	0,7	0,7	0,6	0,9	0,5
Po-Bc	0,7	0,8	0,6	1	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9

4.5 Besar Sudut Jarak Titik Antropolog

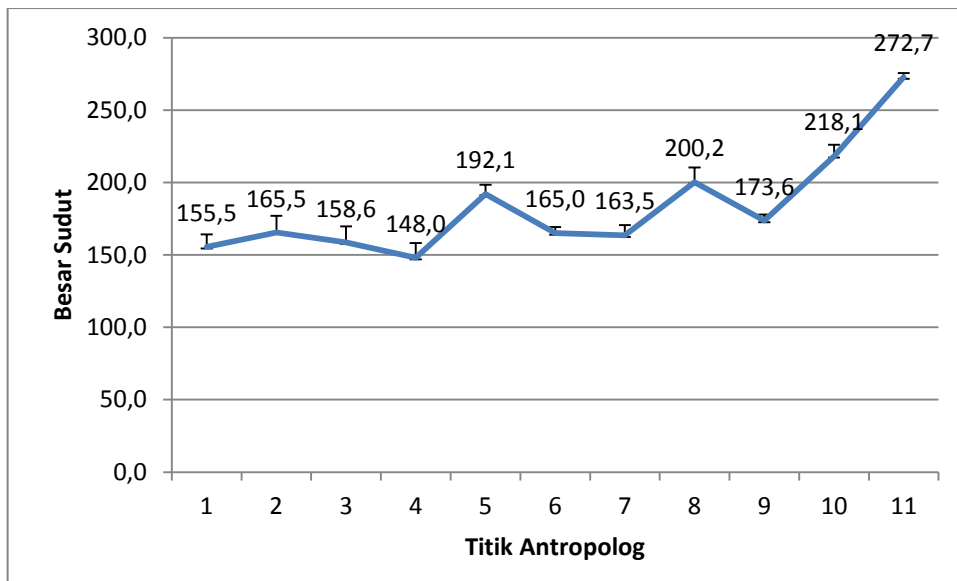
Sudut tiap titik antropolog didapat dari hasil penempatan tanda pada citra sehingga mendapatkan posisi piksel antara craniofacial dan korespondensinya tegak lurus terhadap cephalometric, setelah menemukan posisi piksel antara dua buah titik di tiap titik antropolog dilakukan perhitungan dengan memasukkan ke dalam persamaan trigonometri dalam pencarian besar sudut dengan diketahui posisi piksel (X_1, Y_1) dan (X_2, Y_2) . Perhitungan besar sudut dilakukan pada tiap titik antropolog pada semua citra yakni 10 citra CT kepala. Salah satu tujuan dalam pengukuran besar sudut ini untuk memberikan posisi kemiringan titik antropolog. Karena didalam rekontruksi wajah menggunakan komputerisasi sudut kemiringan sangat penting untuk mendapatkan hasil yang akurat. Dalam pengukuran besar tiap titik antropolog menggunakan fungsi trigonometri Arctan2. Dimana Arctan 2 ini mencari besar sudut diantara 2 titik koordinat. Hasil pengukuran besar sudut ditunjukkan pada tabel 4.4 dengan satuan derajat

Tabel 4.4 Besar Sudut pada tiap Titik Antropolog

Besar sudut Titik Antropolog (derajat)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	164	143	158	149	154	169	149	166	149	154
G-G'	176	135	166	172	164	168	174	168	166	166
No-No'	175	151	171	168	164	142	163	148	154	150
Na-Na'	145	129	143	149	158	160	154	150	135	157
Bn-Bn'	190	189	205	199	194	192	189	190	181	192
Sp-Sp'	163	162	166	156	167	165	172	169	164	166
Sd-Sd'	154	154	158	177	161	170	165	165	165	166
Inf-Inf'	188	200	212	191	213	204	199	212	198	185
Sr-Sr'	171	174	177	177	174	176	176	177	164	170
Po-Po'	212	208	218	228	228	212	228	222	217	208
Bc-Bc'	270	270	270	276	270	277	276	270	274	275

Hasil rata-rata besar sudut dari dari tiap titik antropolog berdasarkan tabel 4.1 yaitu Supragalbella (S) ke Supragalbella (S') $155,5^{\circ}$, Glabella (G) ke Glabella (G') $165,5^{\circ}$, Nasion (No) ke Nasion (No') $158,6^{\circ}$, Nasale (Na) ke Nasale (Na') 148° , Bone nose (Bn) ke Bone nose (Bn') $192,1^{\circ}$, Subspinale (Sp) ke Subspinale (Sp') 165° , Supradentale (Sd) ke Supradentale (Sd') $163,5^{\circ}$, Infradentale (Inf) ke Infradentale (Inf') $200,2^{\circ}$, Supramentale (Sp) ke Supramentale (Sp') $173,6^{\circ}$, Pogonion (P) ke Pogonion (P') $218,1^{\circ}$ dan Beneath Chin (Bc) ke Beneath Chin (Bc') $272,1^{\circ}$.

Dari rata-rata besar sudut didapatkan standar deviasi besar sudut pada data yakni pada 10 citra CT kepala yaitu Supragalbella (S) 8,6, Glabella 11,4, Nasion (No) 11,1, Nasale (Na) 10,2, Bone nose (Bn) 6,3, Subspinale (Sp) 4,3, Supradentale (Sd) 7,1, Infradentale (Inf) 10,2, Supramentale (Sp) 4,2, Pogonion (P) 8,0 dan Beneath Chin (Bc) 3. Standar deviasi paling besar yakni 11,4 mm terletak pada titik antropolog glabella dan standar deviasi terendah pada titik antropolog beneath chin yakni 3. Grafik rata-rata pengukuran besar sudut dan standar deviasi ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik rata-rata dan Standar Deviasi besar sudut data

4.6 Interpolasi Lagrange orde 1

Persamaan interpolasi lagrange orde 1, titik ke 1 dengan melewati 2 titik yakni X_0 (0, 0,4) dan X_1 (1, 2,86) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x - 1)}{(0 - 1)} 0,4 + \frac{(x - 0)}{(1 - 0)} 2,86 \quad (4.1)$$

$$P(x) = 2,46x + 0,4 \quad (4.2)$$

Titik ke 2 dengan melewati 2 titik yakni X_1 (1, 2,86) dan X_2 (2, 4,29) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x - 2)}{(1 - 2)} 2,86 + \frac{(x - 1)}{(2 - 1)} 4,29 \quad (4.3)$$

$$P(x) = 1,43x + 1,43 \quad (4.4)$$

Titik ke 3 dengan melewati 2 titik yakni X_2 (2, 4,29) dan X_3 (3, 5,29) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x-3)}{(2-3)} 4,29 + \frac{(x-2)}{(3-2)} 5,29 \quad (4.5)$$

$$P(x) = x + 2,29 \quad (4.6)$$

Titik ke 4 dengan melewati 2 titik yakni X_3 (3, 5,29) dan X_4 (4,3,69) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x-4)}{(3-4)} 5,29 + \frac{(x-3)}{(4-3)} 3,69 \quad (4.7)$$

$$P(x) = -1,6x + 10,09 \quad (4.8)$$

Titik ke5 dengan melewati 2 titik yakni X_4 (4, 3,69) dan X_5 (5, 22,8) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x-5)}{(4-5)} 3,69 + \frac{(x-4)}{(5-4)} 22,8 \quad (4.9)$$

$$P(x) = 19,11x - 72,75 \quad (4.10)$$

Titik ke 6 dengan melewati 2 titik yakni X_5 (5, 22,8) dan X_6 (6, 10,02) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x-6)}{(5-6)} 22,8 + \frac{(x-5)}{(6-5)} 10,02 \quad (4.11)$$

$$P(x) = -12,78 + 86,7 \quad (4.12)$$

Titik ke 7 dengan melewati 2 titik yakni X_6 (6, 10,02) dan X_7 (7, 8,44) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x - 7)}{(6 - 7)} 10,02 + \frac{(x - 6)}{(7 - 6)} 8,44 \quad (4.13)$$

$$P(x) = -14,36 + 108,96 \quad (4.14)$$

Titik ke 8 dengan melewati 2 titik yakni X_7 (7, 8,44) dan X_8 (8, 10,12) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x - 8)}{(7 - 8)} 8,44 + \frac{(x - 7)}{(8 - 7)} 10,12 \quad (4.15)$$

$$P(x) = -12,68x + 111,56 \quad (4.16)$$

Titik ke 9 dengan melewati 2 titik yakni X_8 (8, 10,12) dan X_9 (9, 10,49) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x - 9)}{(8 - 9)} 10,12 + \frac{(x - 8)}{(9 - 8)} 10,49 \quad (4.17)$$

$$P(x) = 0,37x + 7,16 \quad (4.18)$$

Titik ke 10 dengan melewati 2 titik yakni X_9 (9, 10,49) dan X_{10} (10, 7,04) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x - 10)}{(9 - 10)} 10,49 + \frac{(x - 9)}{(10 - 9)} 7,04 \quad (4.19)$$

$$P(x) = -3,45x + 41,54 \quad (4.20)$$

Titik ke 11 dengan melewati 2 titik yakni X_{10} (10, 7,04) dan X_{11} (11, 5,38) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x - 11)}{(10 - 11)} 7,04 + \frac{(x - 10)}{(11 - 10)} 5,38 \quad (4.21)$$

$$P(x) = -1,66x + 23,64 \quad (4.22)$$

4.7 Interpolasi Lagrange orde 2

Persamaan ke 1 interpolasi lagrange orde 2, menggunakan 3 titik yakni X_0 (0, 0,4), X_1 (1, 2,86) dan X_2 (3, 4,29) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x - 1)}{(0 - 1)} + \frac{(x - 2)}{(1 - 2)} \times 0,04 \quad (4.23)$$

$$P(x) = \frac{(x - 0)}{(1 - 0)} + \frac{(x - 2)}{(1 - 2)} \times 2,86 \quad (4.24)$$

$$P(x) = \frac{(x - 0)}{(2 - 0)} + \frac{(x - 1)}{(2 - 1)} \times 4,29 \quad (4.25)$$

$$f(x) = -0,695x^2 + 3,515x + 0,04 \quad (4.26)$$

Persamaan ke 2 interpolasi lagrange orde 2 dengan menggunakan 3 titik yakni X_2 (2, 4,29), X_3 (3, 3,69) dan X_4 (4, 5,29) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x - 3)}{(2 - 3)} + \frac{(x - 4)}{(2 - 4)} \times 4,29 \quad (4.27)$$

$$P(x) = \frac{(x - 2)}{(3 - 2)} + \frac{(x - 4)}{(3 - 4)} \times 3,69 \quad (4.28)$$

$$P(x) = \frac{(x - 2)}{(4 - 2)} + \frac{(x - 3)}{(4 - 3)} \times 5,29 \quad (4.29)$$

$$f(x) = -1,3x^2 + 7,5x - 5,51 \quad (4.30)$$

Persamaan ke 3 interpolasi lagrange orde 2 dengan menggunakan 3 titik yakni X_4 (4, 3,69), X_5 (5, 22,8) dan X_6 (6, 10,02) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x-5)}{(4-5)} + \frac{(x-6)}{(4-6)} \times 3,69 \quad (4.31)$$

$$P(x) = \frac{(x-4)}{(5-4)} + \frac{(x-6)}{(5-6)} \times 22,8 \quad (4.32)$$

$$P(x) = \frac{(x-4)}{(6-4)} + \frac{(x-5)}{(4-5)} \times 10,02 \quad (4.33)$$

$$f(x) = -8,175x^2 + 345,025x + 200,4 \quad (4.34)$$

Persamaan ke 4 interpolasi lagrange orde 2 dengan menggunakan 3 titik yakni X_6 (6, 10,02), X_7 (7, 8,44) dan X_8 (8, 10,02) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x-7)}{(6-7)} + \frac{(x-8)}{(6-8)} \times 10,02 \quad (4.35)$$

$$P(x) = \frac{(x-6)}{(7-6)} + \frac{(x-8)}{(5-8)} \times 8,44 \quad (4.36)$$

$$P(x) = \frac{(x-6)}{(8-6)} + \frac{(x-7)}{(8-7)} \times 10,02 \quad (4.37)$$

$$f(x) = 18,51x^2 - 259,09x + 898,3 \quad (4.38)$$

Persamaan ke 5 interpolasi lagrange orde 2 dengan menggunakan 3 titik yakni X_8 (8, 10,12), X_9 (9, 10,49) , X_{10} (10, 7,04)dan X_{11} (11 5,38) dengan persamaan :

$$P(x) = \frac{(x-9)}{(8-9)} + \frac{(x-10)}{(8-10)} + \frac{(x-11)}{(8-11)} \times 10,12 \quad (4.39)$$

$$P(x) = \frac{(x-8)}{(9-8)} + \frac{(x-10)}{(9-10)} \frac{(x-11)}{(9-11)} \times 10,49 \quad (4.40)$$

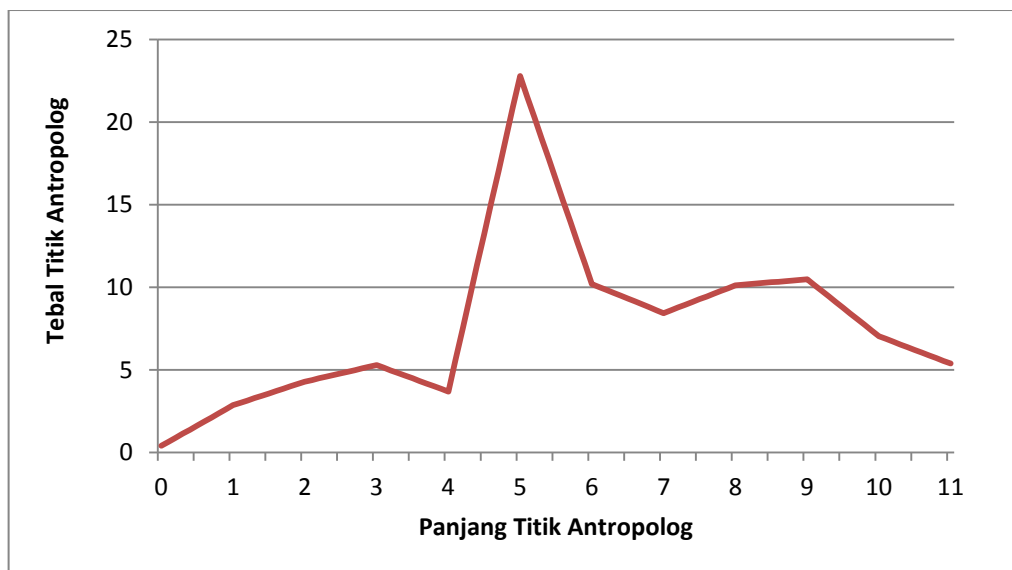
$$P(x) = \frac{(x-8)}{(10-8)} + \frac{(x-9)}{(10-9)} \frac{(x-11)}{(10-11)} \times 7,04 \quad (4.41)$$

$$P(x) = \frac{(x-8)}{(11-10)} + \frac{(x-9)}{(11-10)} \frac{(x-10)}{(11-10)} \times 5,38 \quad (4.42)$$

$$f(x) = -8,175x^2 + 345,025x + 200,4 \quad (4.43)$$

4.8 Estimasi Tebal dengan Interpolasi Lagrange orde 1

Pada tahap ini, pengukuran diambil dari rata – rata 10 data citra CT yang sudah diukur dan di rata-rata sebelumnya . Kemudian dari hasil rata – rata tersebut dimasukan kedalam persamaan interpolasi Lagrange sesuai dengan range titik antropolog yang akan dicari dan tebalnya sesuai dengan panjang titik antropolog. Dari pengukuran panjang titik antropolog yang tiap tengkorak berbeda-beda dijadikan acuan dalam menemukan hasil tebal baru dengan menggunakan interpolasi lagrange. Karena interpolasi lagrange berfungsi untuk menghasilkan nilai baru berupa tebal titik antropolog berdasarkan panjang tiap-tiap antar titik antropolog. Pada interpolasi lagrange orde 1 titik yang menjadi range berjumlah 2 titik. Sehingga panjang pada titik antropolog tidak boleh melebihi dari 2 titik tersebut. Bila terjadi diluar jangkauan 2 titik tersebut akan menimbulkan ekstrapolasi yang hasilnya diluar nilai yang ditentukan. Dalam beberapa kasus metode interpolasi lagrange digunakan untuk mencari nilai baru dengan data yang berbanding lurus sehingga semakin banyak orde maka nilai yang dihasilkan semakin mendekati nilai yang sesungguhnya, dan bilamana data yang tidak berbanding lurus maka semakin banyak orde nilai baru yang dihasilkan akan semakin jauh mendekati sesungguhnya. Kurva hasil tebal titik antropolog setelah di interpolasi lagrange orde 1 ditunjukkan pada grafik 4.11.



Gambar 4.11 Kurva estimasi tebal dengan Interpolasi Lagrange orde 1

Data hasil pengukuran tebal titik antropolog dengan menggunakan metode lagrange orde 1 dalam milimeter ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Tebal titik Antropolog dengan Interpolasi Lagrange orde 1

Tebal Titik Antropolog dengan Interpolasi Lagrange orde 1 (mm)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	2,6	2,6	2,9	2,6	2,6	2,6	2,4	2,6	2,6	2,4
G-G'	3,9	4,3	4,1	4,3	4,0	4,1	4,1	4,0	3,9	4,1
No-No'	5,0	5,0	5,2	4,8	5,3	5,3	5,1	5,0	5,1	5,3
Na-Na'	4,0	4,3	3,7	4,2	4,3	3,9	4,3	4,2	4,2	3,9
Bn-Bn'	15,2	19,0	11,3	20,9	17,1	13,2	19,0	22,8	20,9	20,9
Sp-Sp'	14,0	14,0	14,0	12,7	15,2	12,7	12,7	10,2	11,5	12,7
Sd-Sd'	8,6	8,4	8,4	8,8	8,4	9,0	9,1	8,8	8,6	8,8
Inf-Inf'	9,4	9,6	9,8	9,8	9,6	9,6	9,6	9,8	9,6	9,8
Sr-Sr'	10,3	10,3	10,3	10,3	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,4
Po-Po'	8,1	7,4	7,0	8,4	7,7	8,1	8,1	8,4	7,4	8,8
Bc-Bc'	5,9	5,7	6,0	5,4	6,0	5,9	5,7	5,5	5,7	5,5

Dari hasil ketebalan dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 1 yang ditunjukkan pada tabel 4.5 kemudian hasilnya dianalisa dan dicari selisih antara tebal sesungguhnya dan estimasi tebal dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 1. Selisih atau error tertinggi yaitu 8,9 mm terletak pada titik antropolog hidung (bone nose) . Hasil pengukuran selisih nya ditunjukkan di table 4.6.

Tabel 4.6 Selisih antara tebal sesungguhnya dengan tebal interpolasi lagrange orde 1

Selisih Tebal Titik Antropolog ukuran sebenarnya dengan interpolasi lagrange orde 1 (mm)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	1,0	0,1	0,2	0,3	1,8	0,1	0,5	0,6	0,3	0,2
G-G'	3,1	1,5	0,0	0,8	0,4	0,5	0,4	0,6	0,2	0,0
No-No'	1,0	1,2	0,8	0,2	1,7	0,3	1,6	0,3	0,4	1,3
Na-Na'	0,3	1,1	1,3	1,3	1,6	0,4	1,0	0,2	0,7	0,1
Bn-Bn'	7,9	2,6	8,9	3,7	2,8	6,0	3,1	7,9	2,4	2,4
Sp-Sp'	3,7	4,6	5,8	4,0	4,5	1,4	2,7	0,4	0,7	2,5
Sd-Sd'	0,3	0,5	0,4	1,1	0,5	0,4	3,5	1,1	0,9	1,4
Inf-Inf'	1,6	2,0	3,3	0,8	1,4	0,2	0,9	1,3	1,4	1,1
Sr-Sr'	1,3	0,3	0,4	0,4	1,0	1,9	1,9	0,6	0,3	0,7
Po-Po'	1,6	1,0	1,4	1,0	1,7	1,6	0,7	0,3	2,4	0,7
Bc-Bc'	1,4	0,7	1,0	0,4	1,5	1,9	0,7	0,9	1,3	0,5

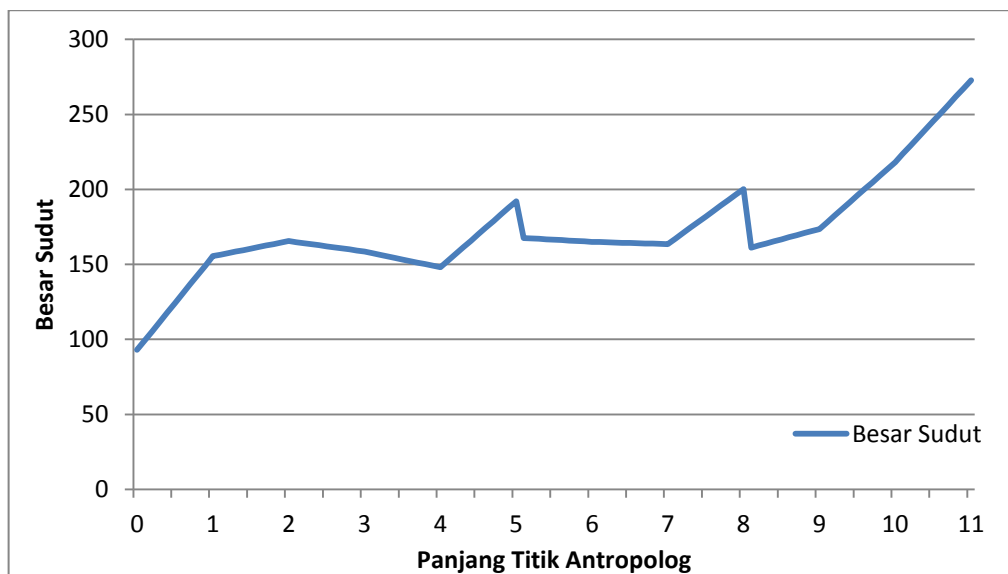
Akurasi dari tebal titik antropolog antara tebal sesungguhnya dan dengan tebal menggunakan interpolasi lagrange ditunjukkan pada tabel 4.7. Dari tabel 4.7 diperoleh rata-rata akurasi metode lagrange orde 1 dengan tebal sesungguhnya yaitu 81%. Dengan hasil tebal mendekati sesungguhnya terdapat pada citra nomor 10 dengan besar akurasi 89% dan citra terendah pada citra 5 yaitu 72%

Tabel 4.7 Akurasi Interpolasi Lagrange orde 1

No Citra	Akurasi (%)
Citra 1	77
Citra 2	80
Citra 3	76
Citra 4	83
Citra 5	72
Citra 6	85
Citra 7	79
Citra 8	88
Citra 9	86
Citra 10	89

4.9 Estimasi Besar sudut dengan Interpolasi Lagrange orde 1

Berdasarkan rata – rata besar sudut pada data dan panjang titik antropolog diproses dengan metode interpolasi lagrange orde 1 diperoleh hasil besar sudut seperti yang ditunjukkan pada gambar grafik 4.12.



Gambar 4.12 Grafik besar sudut dengan metode interpolasi lagrange orde 1

Hasil estimasi besar sudut dengan acuan panjang titik antropolog pada data ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 1

Besar sudut Titik Antropolog dengan Interpolasi Lagrange orde 1 (derajat)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	149	149	156	149	149	149	143	149	149	143
G-G'	163	166	165	166	164	165	165	164	163	165
No-No'	161	161	159	162	159	159	160	161	160	159
Na-Na'	150	152	148	151	152	149	152	151	151	149
Bn-Bn'	174	183	161	188	179	170	183	192	188	188
Sp-Sp'	166	166	166	166	166	166	166	165	166	166
Sd-Sd'	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
Inf-Inf'	186	189	193	193	189	189	189	193	189	193
Sr-Sr'	168	168	168	167	174	174	172	172	172	169
Po-Po'	205	214	218	200	209	205	205	200	214	196
Bc-Bc'	256	262	273	251	256	256	262	267	262	267

Dari hasil antara besar sudut yang sebenarnya dan pengukuran besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 1 didapatkan selisih antara keduanya. Selisih atau error tertinggi yakni $43,4^{\circ}$ pada citra CT kepala nomor 3 terdapat pada titik antropolog pada hidung atau bone nose dan error paling kecil terletak pada titik antropolog supradentale yakni sebesar $0,1^{\circ}$ pada citra CT kepala nomor 3. Rata-rata error pada selisih besar sudut sesungguhnya dan besar sudut menggunakan interpolasi lagrange orde 1 sebesar $8,7^{\circ}$ dari semua 10 data citra CT kepala. Semakin besar error besar sudut akan membuat posisi kemiringan titik antropolog menjauhi dari yang sebenarnya, sehingga implementasi pada gambar akan membuat gambar pada rekontruksi wajah tidak seperti sesungguhnya dengan citra yang sesungguhnya. Hasil selisih antara besar sudut antara besar sesungguhnya dengan besar sudut dengan interpolasi lagrange orde 1 ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Selisih besar sudut antara ukuran sebenarnya dengan metode interpolasi lagrange

Selisih Besar Sudut Titik Antropolog ukuran sebenarnya dengan interpolasi lagrange orde 1 (derajat)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	14,8	6,3	2,5	0,3	4,8	19,8	6,0	16,8	0,3	11,0
G-G'	13,5	30,5	1,5	6,5	0,5	3,5	9,5	4,5	3,5	1,5
No-No'	14,3	9,7	11,7	5,9	5,4	16,6	3,0	12,7	6,0	8,6
Na-Na'	5,1	23,2	5,0	2,2	5,8	10,9	1,8	1,2	16,2	7,9
Bn-Bn'	15,3	5,9	43,4	11,0	15,4	21,8	5,7	2,0	6,6	4,5
Sp-Sp'	2,9	3,9	0,1	9,6	0,8	0,6	6,4	4,0	2,4	0,4
Sd-Sd'	9,7	9,5	5,5	13,2	2,5	6,5	1,1	1,2	1,3	2,2
Inf-Inf'	2,2	10,7	19,5	2,2	23,5	14,7	10,0	19,3	9,2	7,8
Sr-Sr'	2,9	5,9	8,9	10,3	0,4	2,4	3,8	4,8	8,2	0,5
Po-Po'	7,6	5,7	0,3	27,4	19,1	7,6	22,9	22,1	3,1	12,0
Bc-Bc'	13,6	8,2	2,7	24,8	13,6	20,8	13,9	2,7	12,3	7,5

Dari rata-rata selisih dapat dihitung akurasi dari akurasi metode lagrange orde 1 dalam menemukan estimasi besar sudut titik antropolog. Rata – rata akurasi dalam menemukan estimasi sudut baru yaitu 95,3%. Hasil akurasi besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 1 ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Akurasi besar sudut

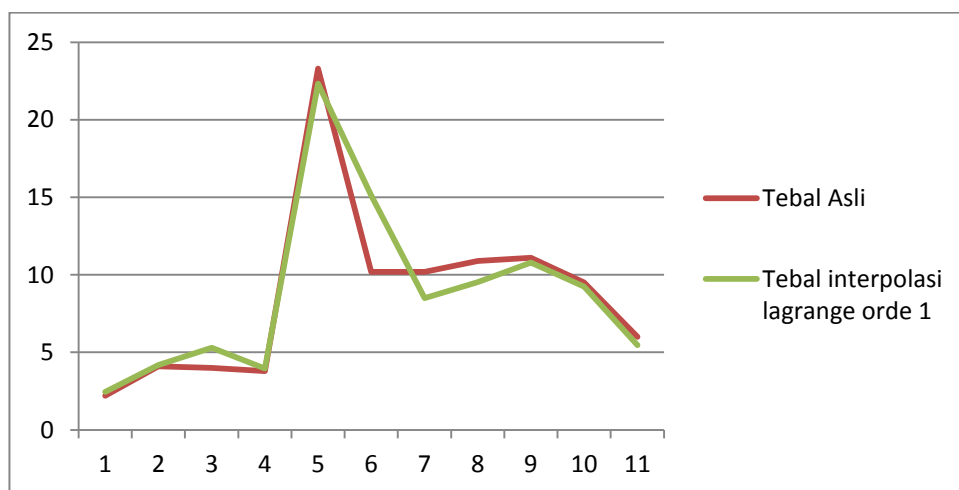
No Citra	Akurasi (%)
Citra 1	95
Citra 2	93
Citra 3	95
Citra 4	95
Citra 5	96
Citra 6	94
Citra 7	96
Citra 8	96
Citra 9	96
Citra 10	97

4.10 Implementasi Tebal dan Besar Sudut Interpolasi Lagrange orde 1

Pada tahap implementasi di penelitian ini yakni menerapkan tebal, panjang dan besar sudut pada gambar tengkorak kepala yang sudah dihilangkan jaringan kulitnya. Pada implementasi ini bertujuan untuk merekonstruksi wajah pada tengkorak dengan cara penempatan tebal, panjang dan sudut kemiringan titik-titik antropolog pada tulang tengkorak. Tabel perbandingan citra 1 yang gambar sesungguhnya dengan citra 2 yang hasil interpolasi lagrange ditunjukkan pada tabel 4.11. Salah satu implementasi tebal, panjang dan besar sudut pada titik antropolog dapat dilihat pada gambar 4.14 dan gambar 4.15.

Tabel 4.11 Tebal antara citra asli dengan tebal estimasi dengan interpolasi lagrange orde 1

No citra	Titik Antropolog										
	S	G	No	Na	Bn	Sp	Sd	Inf	Sr	Po	Bc
Citra 1	2	4,6	4,7	4	30,7	10,6	7,7	11,1	9,9	8,1	6,4
Citra 2	2,6	4,0	5,0	3,4	22,8	10,2	8,8	9,8	10,5	8,4	5,5



Gambar 4.13 Kurva perbandingan antara citra asli dan tebal dengan interpolasi lagrange orde 1

Dengan sudut pada pada citra 2 yakni Supragalbella (S) 149° , Glabella 164° , Nasion (No) 161° , Nasale (Na) 151° , Bone nose (Bn) 192° , Subspinale (Sp) 165° , Supradentale (Sd) 164° , Infradentale (Inf) 193° , Supramentale (Sp) 172° , Pogonion (P) 200° dan beneath chin 167° .



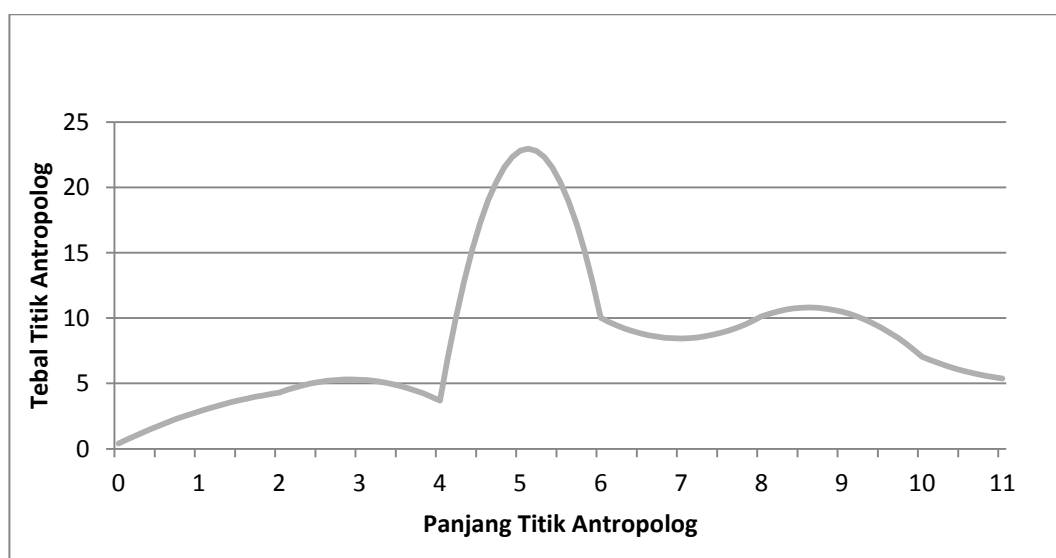
Gambar 4.14 Citra CT asli



Gambar 4.15 Citra CT hasil interpolasi lagrange orde 1

4.11 Estimasi tebal kulit titik antropolog dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 2

Dalam penelitian ini dilakukan dilakukan estimasi tebal dan besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 2, dengan tujuan untuk melakukan analisa yang terbaik dengan mendekati sesungguhnya dalam rekontruksi wajah. Interpolasi lagrange orde 2 yaitu membuat kurva baru berdasarkan 3 titik yang melewati data-data yang dipergunakan. Kurva yang dibentuk itu digunakan untuk menaksir nilai $f(x)$ dengan x berada antara 3 titik yang diberikan. Bila x melebihi 3 titik pada kurva yang diberikan maka nilai yang dihasilkan akan semakin jauh dari yang sesungguhnya, dan ini disebut dengan ekstrapolasi, secara umum nilai yang dihasilkan interpolasi lebih tinggi daripada ekstrapolasi. Dari kurva hasil pencocokan tersebut berada dalam range rentang titik data (x_0, x_n) sedemikian hingga $(x_0 < x_k < x_n)$ maka x_k ini yang dinamakan interpolasi. Kurva interpolasi lagrange orde 2 ditunjukkan pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Kurva intepolasi lagrange orde 2

Setelah kurva interpolasi lagrange 2 terbentuk kemudian langkah selanjutnya yaitu mencari tebal titik dengan menggunakan acuan panjang titik antropolog sesungguhnya pada pengukuran sebelumnya. Hasil estimasi tebal titik antropolog ditunjukkan pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Estimasi Tebal titik Antropolog dengan interpolasi lagrange orde 2

Tebal Titik Antropolog dengan Interpolasi Lagrange orde 2 (mm)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	2,7	2,7	2,9	2,7	2,7	2,7	2,5	2,7	2,7	2,5
G-G'	4,0	4,3	4,2	4,3	4,1	4,2	4,2	4,1	4,0	4,2
No-No'	5,3	5,3	5,3	5,1	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
Na-Na'	4,2	4,6	3,7	4,4	4,6	4,0	4,6	4,4	4,4	4,0
Bn-Bn'	19,0	21,5	15,2	22,3	20,4	17,2	21,5	22,8	22,3	22,3
Sp-Sp'	17,2	17,2	17,2	15,1	19,0	15,1	15,1	10,0	20,4	15,1
Sd-Sd'	8,5	8,4	8,4	8,5	8,4	8,6	8,7	8,5	8,5	8,5
Inf-Inf'	9,1	9,3	9,5	9,5	9,3	10,1	9,3	9,5	9,3	9,5
Sr-Sr'	10,8	10,8	10,8	10,8	10,5	10,5	10,6	10,6	10,6	10,8
Po-Po'	8,5	7,6	7,0	8,9	8,0	8,5	8,5	8,9	7,6	9,2
Bc-Bc'	5,7	5,6	5,8	5,4	5,8	5,7	5,6	5,5	5,6	5,5

Setelah estimasi tebal titik antropolog diketahui langkah selanjutnya yaitu menghitung selisih antara tebal sesungguhnya dengan estimasi tebal dengan interpolasi lagrange orde 2. Hasil selisih ditunjukkan pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Selisih tebal sesungguhnya dengan metode interpolasi lagrange orde 2

Selisih Tebal Titik Antropolog sebenarnya dengan interpolasi lagrange orde 2 (mm)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	0,9	0,2	0,2	0,2	1,7	0,2	0,4	0,7	0,2	0,3
G-G'	3,0	1,5	0,1	0,8	0,5	0,4	0,3	0,5	0,1	0,1
No-No'	0,7	0,9	0,7	0,5	1,7	0,3	1,4	0,6	0,2	1,3
Na-Na'	0,1	1,4	1,3	1,5	1,9	0,2	1,3	0,4	0,9	0,2
Bn-Bn'	4,1	0,1	5,0	2,3	0,5	2,0	0,6	7,9	1,0	1,0
Sp-Sp'	6,9	7,8	9,0	6,4	8,3	3,8	5,1	0,6	9,6	4,9
Sd-Sd'	0,4	0,5	0,4	1,4	0,5	0,0	3,1	0,8	0,8	1,7
Inf-Inf'	1,9	2,3	3,0	1,1	1,1	0,3	1,2	1,6	1,7	1,4
Sr-Sr'	1,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,9	1,8	0,7	0,2	0,3
Po-Po'	2,0	0,8	1,4	1,5	2,0	2,0	1,1	0,8	2,6	0,3
Bc-Bc'	1,2	0,8	0,8	0,4	1,3	1,7	0,6	0,9	1,4	0,5

Selisih atau error tebal paling tinggi terdapat citra 9 yakni 9,6 mm pada bagian titik antrolog supradentale.

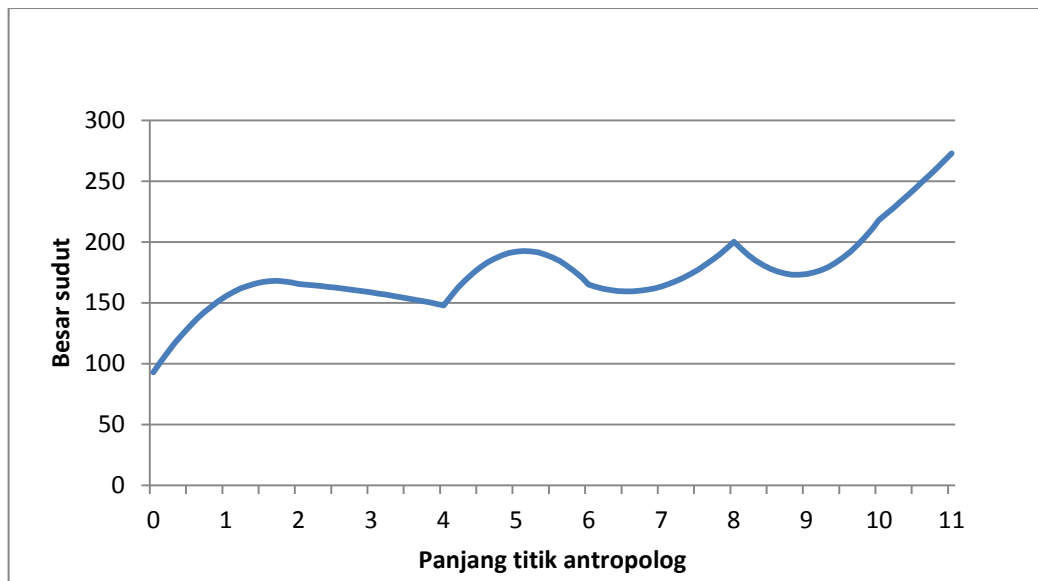
Akurasi dari tebal titik antropolog antara tebal sesungguhnya dan dengan tebal menggunakan interpolasi lagrange orde 2 ditunjukkan pada tabel 4.8. Dari tabel 4.14 diperoleh rata-rata akurasi metode lagrange orde 2 dengan tebal sesungguhnya yaitu 79%. Dengan hasil tebal mendekati sesungguhnya terdapat pada citra nomor 10 dengan besar akurasi 87% dan citra terendah pada citra 5 yaitu 69%

Tabel 4.14 Akurasi Interpolasi Lagrange orde 2

No Citra	Akurasi (%)
Citra 1	76
Citra 2	76
Citra 3	74
Citra 4	78
Citra 5	69
Citra 6	85
Citra 7	78
Citra 8	86
Citra 9	79
Citra 10	87

4.12 Estimasi Besar sudut dengan Interpolasi Lagrange orde 2

Penghitungan estimasi besar sudut pada interpolasi lagrange 2 langkah-langkahnya hampir sama dengan penghitungan estimasi besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 1, bedanya persamaan pada interpolasi larangen orde 2 menggunakan 3 titik yang menjadi batas kurva sedangkan interpolasi lagrange orde 1 menggunakan 2 kurva yang menjadi batas. Berdasarkan rata-rata besar sudut pada data dan panjang titik antropolog dimasukkan kedalam persamaan interploasi lagrange orde 2. Hasil estimasi besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 2 ditunjukkan pada gambar grafik 4.17.



Gambar 4.17 Grafik besar sudut dengan metode interpolasi lagrange orde 2

Hasil pengukuran besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 2 dengan acuan panjang titik antropolog pada data ditunjukkan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 2

Besar sudut antara Craniofacial ke Cephalometric dengan Interpolasi Lagrange orde 2 (derajat)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	152	152	156	152	152	152	147	152	152	147
G-G'	168	166	167	166	168	167	167	168	168	167
No-No'	161	161	159	163	159	159	160	161	160	159
Na-Na'	150	153	148	152	153	149	153	152	152	149
Bn-Bn'	163	166	159	167	164	161	166	168	167	167
Sp-Sp'	168	168	168	167	169	167	167	165	169	167
Sd-Sd'	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
Inf-Inf'	162	161	161	161	161	160	161	161	161	161
Sr-Sr'	174	174	174	172	174	174	174	174	174	174
Po-Po'	156	147	142	160	152	156	156	160	147	163
Bc-Bc'	106	100	112	87	112	106	100	94	100	94

Hasil antara besar sudut yang sebenarnya dan estimasi besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 2 didapatkan selisih antara keduanya. Selisih atau error tertinggi yakni $79,8^{\circ}$ pada citra CT kepala nomor 6 terdapat pada titik antropolog pada beneath chin dan error paling kecil terletak pada titik antropolog tulang hidung (bone nose) yakni sebesar $0,3^{\circ}$ pada citra CT kepala nomor 7. Hasil selisih antara besar sudut antara besar sesungguhnya dengan besar sudut dengan interpolasi lagrange orde 2 ditunjukkan pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Selisih besar sudut antara ukuran sebenarnya dengan metode interpolasi lagrange orde 2

Selisih Besar Sudut Titik Antropolog ukuran sebenarnya dengan interpolasi lagrange orde 2 (derajat)	Nomor Citra									
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 6	Citra 7	Citra 8	Citra 9	Citra 10
S -S'	12,4	8,6	2,5	2,6	2,4	17,4	1,8	14,4	2,6	6,8
G-G'	8,0	30,5	0,9	6,5	3,7	1,1	7,1	0,3	2,0	0,9
No-No'	13,9	10,1	11,5	5,5	5,4	16,6	2,7	13,1	6,3	8,6
Na-Na'	5,4	23,7	5,0	2,6	5,3	10,8	1,3	1,6	16,6	7,8
Bn-Bn'	6,8	0,2	30,4	7,8	8,0	12,9	0,3	2,0	9,8	1,3
Sp-Sp'	5,3	6,3	2,3	11,4	1,9	2,4	4,6	4,0	5,3	1,4
Sd-Sd'	9,7	9,5	5,5	13,0	2,5	5,8	0,6	1,0	1,3	2,0
Inf-Inf'	6,7	14,7	22,6	0,9	27,5	3,7	14,0	22,4	13,2	4,7
Sr-Sr'	2,5	0,5	3,5	4,6	0,4	2,4	1,7	2,7	10,3	4,2
Po-Po'	15,1	2,5	0,3	35,9	41,3	15,1	30,4	30,7	6,3	20,9
Bc-Bc'	72,7	66,4	78,2	57,6	78,2	79,8	72,2	59,5	70,5	64,3

Dari rata-rata selisih dapat dihitung akurasi dari akurasi metode lagrange orde 2 dalam menemukan estimasi besar sudut titik antropolog. Rata – rata akurasi dalam menemukan estimasi sudut baru yaitu 81%. Hasil akurasi besar sudut dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 1 ditunjukkan pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Akurasi besar sudut

No Citra	Akurasi (%)
Citra 1	81
Citra 2	77
Citra 3	78
Citra 4	81
Citra 5	81
Citra 6	83
Citra 7	81
Citra 8	82
Citra 9	80
Citra 10	84

4.13 Implementasi Tebal dan Besar Sudut Interpolasi Lagrange orde 2

Pada tahap implementasi di penelitian ini yakni menerapkan tebal, panjang dan besar sudut pada gambar tengkorak kepala yang sudah dihilangkan jaringan kulitnya. Pada implementasi ini bertujuan untuk merekonstruksi wajah pada tengkorak dengan cara penempatan tebal, panjang dan sudut kemiringan titik-titik antropolog pada tulang tengkorak. Tabel perbandingan citra 1 yang gambar sesungguhnya dengan citra 2 yang hasil interpolasi lagrange ditunjukkan pada tabel 4.18. Salah satu implementasi tebal, panjang dan besar sudut pada titik antropolog dapat dilihat pada gambar 4.18 dan gambar 4.19.

Tabel 4.18 Tebal antara citra asli dengan tebal estimasi dengan interpolasi lagrange orde 2

No citra	Titik Antropolog										
	S	G	No	Na	Bn	Sp	Sd	Inf	Sr	Po	Bc
Citra 1	2,2	4,1	4,0	3,8	23,3	10,2	10,2	10,9	11,1	9,5	6,0
Citra 2	2,5	4,2	5,3	4,0	22,3	15,1	8,5	9,5	10,8	9,2	5,5

Dengan sudut pada pada citra 2 yakni Supragalbella (S) 149°, Glabella 164°, Nasion (No) 161°, Nasale (Na) 151°, Bone nose (Bn) 192°, Subspinale (Sp) 165°, Supradentale (Sd) 164o, Infradentale (Inf) 193°, Supramentale (Sp) 172°, Pogonion (P) 200° dan beneath chin 167°.

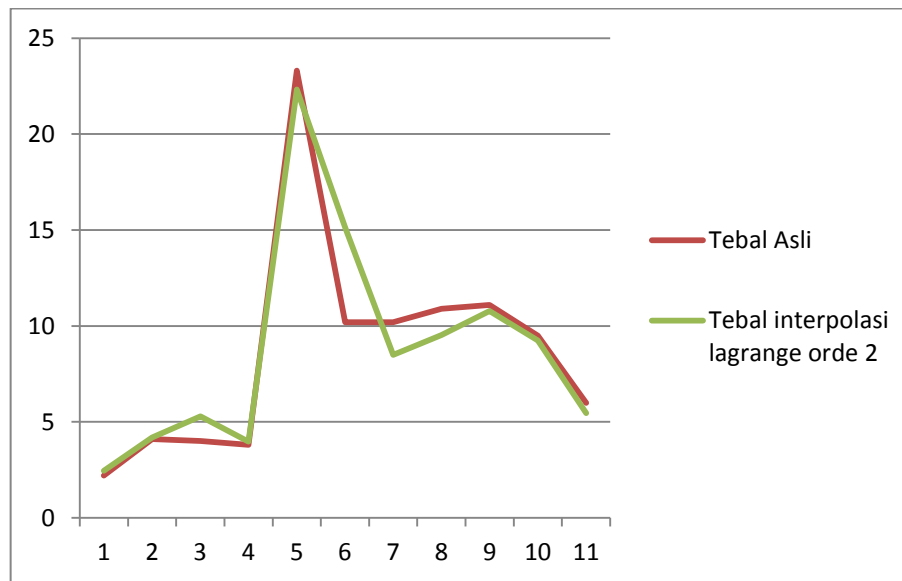


Gambar 4.18 Citra CT asli



Gambar 4.19 Citra CT hasil interpolasi lagrange orde 2

Dari hasil pengukuran antara tebal titik antropolog dan estimasi tebal dengan interpolasi lagrange orde 2 ditunjukkan pada kurva 4.20



Gambar 4.20 Kurva perbandingan antara citra asli dan tebal dengan interpolasi lagrange orde 2

Pada tabel 4.19 dapat disimpulkan bahwa tebal dengan menggunakan interpolasi lagrange orde 1 memperoleh akurasi tebal 81% dengan error 19% dan akurasi besar sudut yang dihasilkan dengan interpolasi lagrange orde 1 yaitu 95,3% dengan error 4,7% sedangkan hasil dengan interpolasi lagrange orde 2 memperoleh akurasi tebal sebesar 79% dengan error 21% dan akurasi besar sudutnya sebesar 81% dengan error 19%.

Tabel 4.19 Hasil estimasi tebal dan besar sudut dengan interpolasi lagrange

Interpolasi	Akurasi Titik Antropolog		Error (%)	
	Tebal	Sudut	Tebal	Sudut
Lagrange orde 1	81%	95 %	19 %	5%
Lagrange orde 2	78%	80 %	22%	20%

BAB V

KESIMPULAN DAN PENELITIAN SELANJUTNYA

Dalam bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian ini. Diharapkan dengan adanya kesimpulan dan saran ini dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dilakukan pengukuran tebal titik – titik Antropolog dengan menggunakan metode interpolasi Lagrange orde 1 dan interpolasi Lagrange 2 yang menghasilkan panjang estimasi tebal titik titik Antropolog. Saat dibandingkan dengan data tebal yang sesungguhnya, interpolasi lagrange 1 menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 81% dan akurasi besar sudut 95% dan interpolasi lagrange 2 menghasilkan rata – rata akurasi tebal titik antropolog sebesar 78% dan akurasi besar sudut titik antropolog sebesar 80%. Sehingga metode pengukuran tebal dan besar sudut pada titik antropolog lebih disarankan menggunakan interpolasi lagrange orde 1. Akurasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya bentuk tengkorak tiap orang berbeda-beda. Selain itu, untuk meningkatkan akurasi dapat dilakukan dengan menggunakan data yang lebih banyak dan kualitas citra yang lebih baik.

5.2 Penelitian Selanjutnya

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya diharapkan penelitian menggunakan data yang lebih banyak. Selain itu, penelitian ini dapat dikembangkan pada pengukuran tebal titik antropolog secara 3D.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- A. Weidenbusch¹⁾, Th. Fuchs²⁾, D. Bellmann¹⁾, J. Haber²⁾, K.S. and J.W.,
Computer-Aided Tissue Thickness Measurements in CT-Data Sets of the
Head of Living and Death Persons.
- Abate, A.F. et al., 2004. FACES: 3D FAcial reConstruction from anciEnt Skulls
using content based image retrieval. *Journal of Visual Languages &
Computing*, 15(5), pp.373–389.
- Abdul, K. & A., S., 2012. *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*,
- Acharya, T., Ray, A.K., 2005. *Image Processing Principles and Application*, John
Wiley & Sons, Inc.
- Andi Sutoyo T. et. al., 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta.
- Arbisser, A.M. et al., 2012. Multi-atlas Segmentation in Head and Neck CT Scans
- C. Wilkinson, 2010. Facial reconstruction anatomical art or artistic anatomy.
Journal of Anatomy, vol. 216, , pp.pp. 235–250.
- Chapra, S.C. & Canale, R.P., 2010. *Numerical Methods for Engineers* S. Edition,
ed.,
- Chris, S. & Toby, B., 2011. *Fundamental of Digital Image Processing*,
- Corral, M., Michael corral.
- Djohan, W., 2009. *Matematika Numerik*,
- Gonzalez, R. & Woods, R., 2002. *Digital image processing*, Available at:
<http://mirror.klaus-uwe.me/ctan/biblio/bibtex/contrib/persian-bib/Persian-bib-userguide.pdf>.
- Karim, I., 2015. Synthesis of Virtual Character Poses Using Lagrange Polynomial
Interpolation. , pp.273–278.
- Karttunen²⁾, S.N. and A., *Study of Facial Tissue Thickness of the Finns*, Finland.
- Kolja, K., 2003. Reanimating the Dead : Reconstruction of Expressive Faces from
Skull Data. , 22(July), pp.554–561.
- Maas, L.T., 2004. Digitized by USU digital library 1. , pp.1–6.
- Minoura, K., Imamura, F. & Sugawara, D., 2001. The 869 Jogan tsunami deposit
and recurrence interval of large-scale tsunami on the Pacific coast of

- northeast Japan. *Journal of Natural ...*, 23(2), pp.83–88. Available at: http://jsnds.org/contents/jnds/23_2_3.pdf.
- Muhammad, D., 2011. Penggunaan Metode Newton dan Lagrange pada Interpolasi Polinom Pergerakan Harga Saham : Studi Kasus Saham PT Adaro Energi Tbk .
- Pascual, L.C., Redondo, C.L. & Garrido, D.G., 2011. from Skulls Based on Landmarks. *Information Systems*, pp.729–735.
- Purnomo Hery, M. & Muntasa, A., 2010. *Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur Pertama.*, Yogyakarta.
- Rinaldi, M., 1997. *Metode Numerik*,
- Romeiro, R., Marroquim, R. & Esperanc, C., Forensic Facial Reconstruction using HRBF.
- Siwi, R.D., Choirul, A. & Wahyu, S., 2012. Studi Uniformitas Dosis Radiasi CT Scan pada Fantom Kepala yang Terletak pada Sandaran Kepala.
- Taylor, K.T., 2000. *Forensic Art and Illustration*, Available at: <http://www.amazon.co.uk/Forensic-Art-Illustration-Karen-Taylor/dp/0849381185>.
- Valfridsson, M., Michael, H. & Pcg, P., 2005. Digital 3D Facial Reconstruction Based on Computed Tomography Digital 3D Facial Reconstruction Based on Computed Tomography.
- Vanezis, M., 2007. Forensic Facial Reconstruction Using 3-D Computer Graphics : Evaluation and Improvement of Its Reliability in Identification. , (October).
- Wijaya, M. C., & Tjiharjadi, S., 2009. Mencari Nilai Threshold yang Tepat Untuk Perancangan Pendeteksi Kanker Trofoblas. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, pp.3–8.
- Wurdianarto, S.R., Novianto, S. & Rosyidah, U., 2014. Perbandingan Euclidean Distance Dengan Canberra Distance Pada Face Recognition. , 13(1), pp.31–37.
- Yudi Ahmad Hambali, *Aplikasi Area Process Berbasis C# menggunakan Visual Studio*, Available at: ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2011/03/AreaProcess_YudiAhmadH.pdf.

LAMPIRAN

Ground Truth Interpolasi Lagrange orde 1

Titik ke	Tebal	Sudut
0	0,4	93
0,1	0,646	99,25
0,2	0,892	105,5
0,3	1,138	111,75
0,4	1,384	118
0,5	1,63	124,25
0,6	1,876	130,5
0,7	2,122	136,75
0,8	2,368	143
0,9	2,614	149,25
1	2,86	155,5
1,1	3,003	156,5
1,2	3,146	157,5
1,3	3,289	158,5
1,4	3,432	159,5
1,5	3,575	160,5
1,6	3,718	161,5
1,7	3,861	162,5
1,8	4,004	163,5
1,9	4,147	164,5
2	4,29	165,5
2,1	4,39	164,81
2,2	4,49	164,12
2,3	4,59	163,43
2,4	4,69	162,74
2,5	4,79	162,05
2,6	4,89	161,36
2,7	4,99	160,67
2,8	5,09	159,98
2,9	5,19	159,29
3	5,29	158,6
3,1	5,13	157,54
3,2	4,97	156,48
3,3	4,81	155,42
3,4	4,65	154,36
3,5	4,49	153,3
3,6	4,33	152,24
3,7	4,17	151,18
3,8	4,01	150,12
3,9	3,85	149,06
4	3,69	148
4,1	5,601	152,41
4,2	7,512	156,82

4,3	9,423	161,23
4,4	11,334	165,64
4,5	13,245	170,05
4,6	15,156	174,46
4,7	17,067	178,87
4,8	18,978	183,28
4,9	20,889	187,69
5	22,8	192,1
5,1	21,54	167,61
5,2	20,28	167,32
5,3	19,02	167,03
5,4	17,76	166,74
5,5	16,5	166,45
5,6	15,24	166,16
5,7	13,98	165,87
5,8	12,72	165,58
5,9	11,46	165,29
6	10,2	165
6,1	10,024	164,85
6,2	9,848	164,7
6,3	9,672	164,55
6,4	9,496	164,4
6,5	9,32	164,25
6,6	9,144	164,1
6,7	8,968	163,95
6,8	8,792	163,8
6,9	8,616	163,65
7	8,44	163,5
7,1	8,608	167,17
7,2	8,776	170,84
7,3	8,944	174,51
7,4	9,112	178,18
7,5	9,28	181,85
7,6	9,448	185,52
7,7	9,616	189,19
7,8	9,784	192,86
7,9	9,952	196,53
8	10,12	200,2
8,1	10,157	161,18
8,2	10,194	162,56
8,3	10,231	163,94
8,4	10,268	165,32
8,5	10,305	166,7
8,6	10,342	168,08

8,7	10,379	169,46
8,8	10,416	170,84
8,9	10,453	172,22
9	10,49	173,6
9,1	10,145	178,05
9,2	9,8	182,5
9,3	9,455	186,95
9,4	9,11	191,4
9,5	8,765	195,85
9,6	8,42	200,3
9,7	8,075	204,75
9,8	7,73	209,2
9,9	7,385	213,65
10	7,04	218,1
10,1	6,874	223,56
10,2	6,708	229,02
10,3	6,542	234,48
10,4	6,376	239,94
10,5	6,21	245,4
10,6	6,044	250,86
10,7	5,878	256,32
10,8	5,712	261,78
10,9	5,546	267,24
11	5,38	272,7

Ground Truth Interpolasi Lagrange orde 2

Titik ke	Tebal	Sudut
0	0,4	93
0,1	0,69235	101,6125
0,2	0,9744	109,7
0,3	1,24615	117,2625
0,4	1,5076	124,3
0,5	1,75875	130,8125
0,6	1,9996	136,8
0,7	2,23015	142,2625
0,8	2,4504	147,2
0,9	2,66035	151,6125
1	2,86	155,5
1,1	3,04935	158,8625
1,2	3,2284	161,7
1,3	3,39715	164,0125
1,4	3,5556	165,8
1,5	3,70375	167,0625
1,6	3,8416	167,8
1,7	3,96915	168,0125
1,8	4,0864	167,7
1,9	4,19335	166,8625
2	4,29	165,5
2,1	4,507	164,9765
2,2	4,698	164,416
2,3	4,863	163,8185
2,4	5,002	163,184
2,5	5,115	162,5125
2,6	5,202	161,804
2,7	5,263	161,0585
2,8	5,298	160,276
2,9	5,307	159,4565
3	5,29	158,6
3,1	5,247	157,7065
3,2	5,178	156,776
3,3	5,083	155,8085
3,4	4,962	154,804
3,5	4,815	153,7625
3,6	4,642	152,684
3,7	4,443	151,5685
3,8	4,218	150,416
3,9	3,967	149,2265
4	3,69	148
4,1	7,03605	155,614
4,2	10,0632	162,516

4,3	12,77145	168,706
4,4	15,1608	174,184
4,5	17,23125	178,95
4,6	18,9828	183,004
4,7	20,41545	186,346
4,8	21,5292	188,976
4,9	22,32405	190,894
5	22,8	192,1
5,1	22,95705	192,594
5,2	22,7952	192,376
5,3	22,31445	191,446
5,4	21,5148	189,804
5,5	20,39625	187,45
5,6	18,9588	184,384
5,7	17,20245	180,606
5,8	15,1272	176,116
5,9	12,73305	170,914
6	10,02	165
6,1	9,7153	163,131
6,2	9,4432	161,644
6,3	9,2037	160,539
6,4	8,9968	159,816
6,5	8,8225	159,475
6,6	8,6808	159,516
6,7	8,5717	159,939
6,8	8,4952	160,744
6,9	8,4513	161,931
7	8,44	163,5
7,1	8,4613	165,451
7,2	8,5152	167,784
7,3	8,6017	170,499
7,4	8,7208	173,596
7,5	8,8725	177,075
7,6	9,0568	180,936
7,7	9,2737	185,179
7,8	9,5232	189,804
7,9	9,8053	194,811
8	10,12	200,2
8,1	10,3289	194,3405
8,2	10,4996	189,192
8,3	10,6321	184,7545
8,4	10,7264	181,028
8,5	10,7825	178,0125
8,6	10,8004	175,708

8,7	10,7801	174,1145
8,8	10,7216	173,232
8,9	10,6249	173,0605
9	10,49	173,6
9,1	10,3169	174,8505
9,2	10,1056	176,812
9,3	9,8561	179,4845
9,4	9,5684	182,868
9,5	9,2425	186,9625
9,6	8,8784	191,768
9,7	8,4761	197,2845
9,8	8,0356	203,512
9,9	7,5569	210,4505
10	7,04	218,1
10,1	6,79345	223,1055
10,2	6,5648	228,212
10,3	6,35405	233,4195
10,4	6,1612	238,728
10,5	5,98625	244,1375
10,6	5,8292	249,648
10,7	5,69005	255,2595
10,8	5,5688	260,972
10,9	5,46545	266,7855
11	5,38	272,7

BIOGRAFI PENULIS



Catur Lega Wibisono, Putra terakhir dari empat bersaudara pasangan H. Koeswo Sasmito dan Hj. Endang Titik Mulyani. Lahir di Surabaya, 26 Mei 1981. Mengeyam pendidikan dasar SD Negeri Wonokromo I Surabaya. Melanjutkan pendidikan tingkat menengah di SMP Negeri 29 Surabaya dan SMA Negeri 18 Surabaya. Tahun 2001 menempuh pendidikan S1 Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya (UNESA) dan lulus tahun 2006. Penulis meneruskan pendidikan Magister pada tahun 2014 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

(ITS) jurusan Teknik Elektro mengambil bidang studi keahlian Telematika. Bidang penelitian yang dikerjakan oleh penulis selama berkuliah S2 adalah *Biomedical Engineering*.

Contact Person :

Email : legawibi@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan